الموسوعة العملية فى التركيبات الكهربية (٤)

المولدات العاملة بماكينات الديزل

المهندس

أحمد عبد المتعال



المولدات العاملة
بماكينات الديزل

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِيمِ

الموسوعة العملية فى التركيبات الكهربية (٤)

المولدات العاملة بماكينات الديزل

إعـــداد

المهندس / أحمد عبد المتعال

الكتاب : المولدات العاملة بماكينات الديزل

(الموسوعة العملية فى التركيبات الكهربية - ٤)

المؤلف : م. أحمد عبد المتعال

رقم الطبعة : الأولى

تاريخ الإصدار : شعبان ١٤٢١ هـ - نوفمبر ٢٠٠٠م

الناشر : دار النشر للجامعات

رقم الإيداع : ١٣٧٤٠ / ٩٧

الترقيم الدولى : I.S.B.N.: 977 - 5526 - 83 - 3

الكود : ٢/٨١

دار النشر للجامعات - مصر

ص . ب ١٣٠ محمد فريد ١١٥١٨ القاهرة، تليفاكس: ٢٦١٣١٦٠

بسم الله الرحمن الرحيم

﴿ رَبِّ أَوْزِعْنِي أَنْ أَشْكُرَ نِعْمَتَكَ الَّتِي أَنْعَمْتَ عَلَيَّ وَعَلَىٰ وَالِدَيَّ وَأَنْ أَعْمَلَ صَالِحًا تَرْضَاهُ وَأَصْلِحْ لِي فِي ذُرِّيَّتِي إِنِّي تُبْتُ إِلَيْكَ وَإِنِّي مِنَ الْمُسْلِمِينَ (١٥) ﴾ [الأحقاف : ١٥] .

صدق الله العظيم

شــكر وتقديــــر

أتقدم بخالص **الشكر للشركة السعودية لمولدات الديزل** على التعاون الصادق معنا، وأخص بالذكر **مهندسى مكتب التصميم م. رفيق عبد القادر، م. سالم عبد الله بادحدح، م. محمد سالم الزاملى.**

كما أتقدم بالشكر **للمهندس محمد حسن عبده** رئيس أقسام الكهرباء بشركة النصر للمسبوكات، وأيضًا أتقدم بخالص الشكر **للمهندس محمد السيد عبد القدوس** مدرس ماكينات الديزل بالكلية التقنية بالدمام وذلك لتعاونها الصادق معنا فى إعداد هذا الكتاب. كما لا يفوتنى أن أتقدم بخالص الشكر للدكتور إمام سداوى أستاذ التحكم فى أنظمة القوى الكهربية بهندسة حلوان، على ما قدمه من تعاون صادق بناء.

وأخيراً أتقدم بخالص الشكر لكل من قدم لنا يد المعاونة فى إعداد هذا الكتاب وجزاهم الله خير الجزاء.

المؤلف

المحتويات

الموضوع **الصفحة**

الباب الثالث

دوائر التحكم التقليدية

الباب الرابع

أجهزة حماية المولدات التزامنية

الباب الخامس

أجهزة التحكم فى

وحدات التوليد العاملة بماكينات الديزل

الباب السادس

تشغيل المولدات على التوازى

الباب الخامس

أجهزة التحكم فى

وحدات التوليد العاملة بماكينات الديزل

الباب السادس

تشغيل المولدات على التوازى

الباب السابع

ماكينات الديزل

الباب العاشر

الحسابات اللازمة لاختيار المولد

الباب الأول

المولدات التزامنية

المولدات التزامنية

١ / ١- مقدمة

يعتبر المولد التزامنى Synchronous generator هو العنصر الأساسى فى وحدات التوليد العاملة بماكينات الديزل Diseal generator sets والتى تستخدم كمولدات احتياطية فى بعض المنشآت مثل: المستشفيات والمصانع والمدارس.. إلخ.

وتستخدم أيضاً كمصدر قدرة أساسية وذلك فى الأماكن النائية التى يصعب إمدادها بالتيار الكهربى من الشبكة الموحدة.

وتتكون وحدات التوليد العاملة بماكينات الديزل من مولد تزامنى ثلاثى الأوجه يتم إدارته بماكينة ديزل Diseal Engine كالمستخدمة فى السيارات الكبيرة.

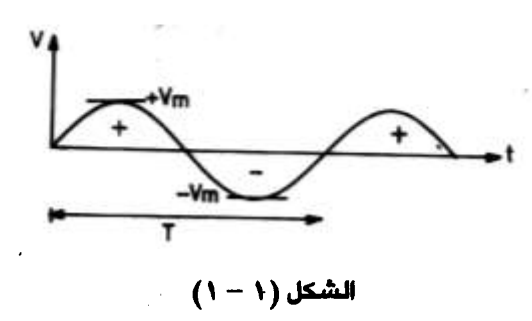
ويتميز المولد التزامنى بخواصه الكهربية الممتازة، وباستقراره تحت ظروف التحميل المختلفة من حيث ثبات الجهد والتردد، بالإضافة إلى ذلك سهولة التحكم فى جهد أطرافه وتردده كما سيتضح فيما بعد.

١ / ٢ - مصطلحات فنية هامة

١ - دوائر التيار المتردد Alternating Current Circuits

وفيها يتغير الجهد والتيار فى القيمة والاتجاه بتردد يساوى 50HZ فى بعض الدول مثل: مصر، فى حين التردد 60HZ فى دول أخرى مثل: السعودية.

والشكل (١-١) يعرض موجة جهد متردد.



الشكل (١ - ١)

وتتكون الدورة الكاملة من نصف موجة موجب +، وأخرى سالبة – ، ويكون أقصى قيمة للجهد الموجب +Vm، وأقصى قيمة للجهد السالبة هو -Vm ، وزمن الدورة الكاملة هو T والتردد بالهيرتز F يساوى .

$$F = \frac{1}{T} \quad (HZ) \rightarrow (1.1)$$

والجدير بالذكر أن الزاوية الكهربية للموجة الكاملة تساوى 360° .

٢ – دوائر التيار المستمر Direct Current Circuits

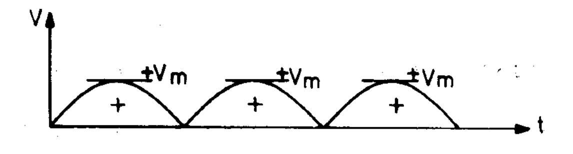
وفيها يكون كلٌ من الجهد والتيار ثابت الاتجاه .

وهناك نوعان من الجهد والتيار المستمر وهما :

١ – مستمر ثابت القيمة .

٢ – مستمر متغير القيمة .

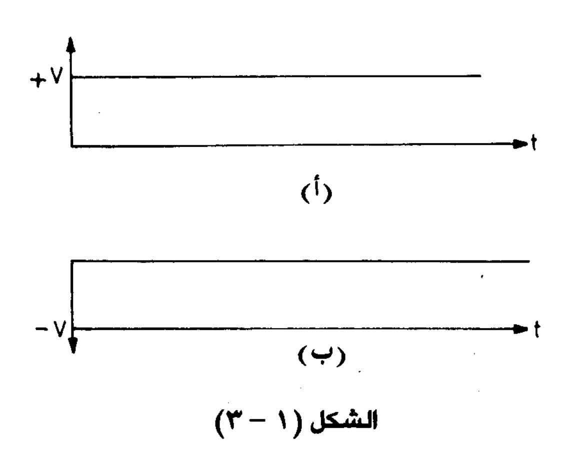
والشكل (١ – ٢) يعرض موجهة جهد مستمر متغير القيمة وهذا الجهد موجب وهو ناتج عن تقويم الجهد المتردد بقنطرة توحيد كما سيتضح فيما بعد .



الشكل (١ – ٢)

ويلاحظ أن قيمة الجهد تتراوح ما بين 0V إلى +Vm

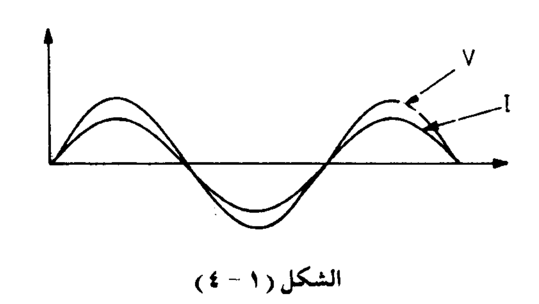
والشكل (١ – ٣) يعرض جهد مستمر ثابت القيمة موجب الشكل (أ) ، وسالب الشكل (ب) .



الشكل (١ – ٣)

٣ – معامل القدرة Power Factor

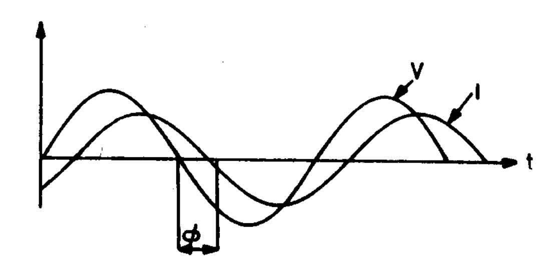
تتحكم الأحمال الكهربية فى العلاقة بين الجهد والتيار، فإذا كانت الأحمال مادية Resistive مثل: السخانات الكهربية والمصابيح المتوهجة ، فإن الجهد يكون متفقاً فى الوجه مع التيار، أى أن الزاوية المحصورة بين الجهد والتيار ϕ تكون مساوية للصفر، ويكون معامل القدرة Cosϕ مساوياً 1، وهذه الحالة هى أفضل حالات التحميل، حيث يستفاد بكل القدرة المتولدة. والشكل (١ – ٤) يوضح هذه الحالة.



الشكل (١ – ٤)

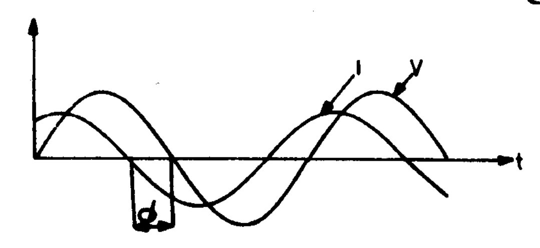
أما عندما تكون الأحمال حثية Inductive مثل: المحركات الكهربية ومصابيح الفلورسنت، فإن التيار يكون متأخراً عند الجهد بزاوية ϕ تكون أقل من 90° وأكبر من 0°، ويكون معامل القدرة Cosϕ أقل من 1، ويقال فى هذه الحالة إن معامل القدرة متأخر Lag ؛ علماً بأن الأحمال الحثية تمثل غالبية الأحمال.

والشكل (١ – ٥) يوضح هذه الحالة.



الشكل (١ – ٥)

وعندما تكون الأحمال سعوية Capacitive مثل: المكثفات الكهربية فإن التيار يكون متقدماً عن الجهد بزاوية ϕ أقل من 90° ، وأكبر من 0° ويكون معامل القدرة أقل من 1 ، ويقال إن معامل القدرة متقدم Lead وهذه الحالة نادرة الحدوث. والشكل (١ – ٦) يوضح هذه الحالة.



الشكل (١ – ٦)

٤ – القدرة الظاهرية والقدرة الفعالة

إن القدرة الظاهرية Apparent power للمولد التزامنى S ووحدتها KVA يمكن أن تحسب من المعادلة 1.2 .

$$S = \frac{\sqrt{3}\, IV}{1000} \quad (KVA) \rightarrow 1.2$$

أما القدرة الفعالة Active power والتى تستهلك فى الأحمال P ووحدتها KW (كيلو وات) يمكن أن تحسب من المعادلة 1.3

$$P = \frac{\sqrt{3}\, IV \cos\phi}{1000} \quad (KW) \rightarrow 1.3$$

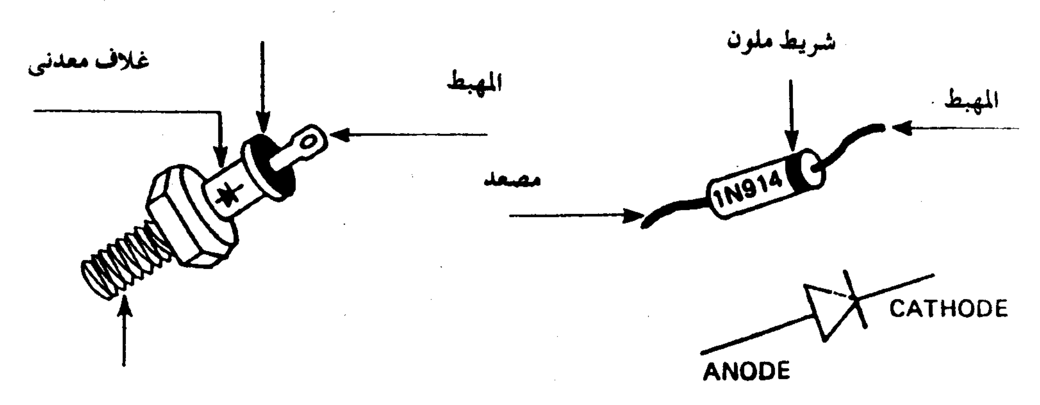
حيث إن :

تيار الخط بالأمبير (A)	I
جهد الخط بالفولت (V)	V
معامل القدرة	$\cos\phi$

١ / ٣ - دوائر التوحيد Rectification Circuits

تعتبر الموحدات Rectifiers هى البنية الأساسية لدوائر التوحيد، ويتكون الموحد من وصلة ثنائية P-N مصنوعة من أشباه الموصلات مثل: السليكون والجرمانيوم.

والشكل (١ - ٧) يعرض نموذجاً لموحد صغير طراز 1N914 ورمزه وكذلك صورة لموحد كبير؛ علماً بأنه فى حالة الموحدات الصغيرة يوضع شريط ملون جهة المهبط Cathode.



الشكل (١ - ٧)

ويعتبر الموحد مفتاحاً مفتوحًا OFF فى الحالة الطبيعية، وبمجرد تعريضه لانحياز أمامى أى ارتفاع جهد مصعده A عن جهد مهبطه K بمقدار (0.7V) يصبح كمفتاح مغلق ON، ويكون اتجاه مرور التيار الكهربى من المصعد إلى المهبط 1، ويقال إن :

الموحد فى حالة وصل ON، أما عند تعريض الموحد لانحياز عكسى (أى تعريض المهبط K لجهد موجب بالنسبة لجهد المصعد A) يمر تيارصغير جداً ويسمى بتيار التسرب Leakage Current . ويعمل الموحد كمفتاحٍ مفتوحٍ OFF ويقال إن : الموحد فى حالة قطع OFF.

ويمكن تقسيم دوائر التوحيد التى تقوم بتحويل التيار المتردد لتيار مستمر إلى :

أ - دوائر توحيد نصف موجة.

ب - دوائر توحيد موجة كاملة.

وسوف نكتفى فى هذا الكتاب بتناول دوائر توحيد الموجة الكاملة والتى تنقسم بدورها إلى :

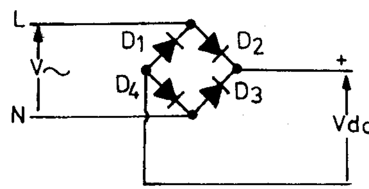
أ - دوائر توحيد أحادية الوجه.

ب - دوائر توحيد ثلاثية الوجه.

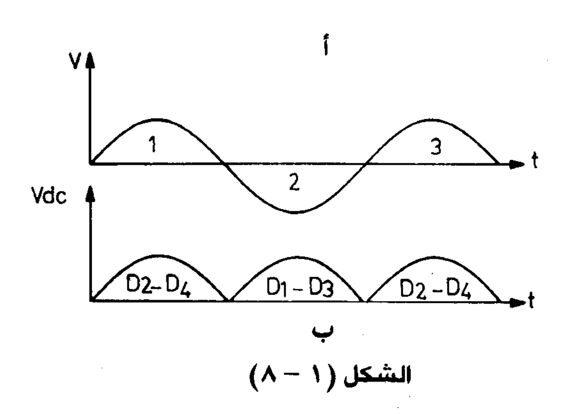
١ / ٣ / ١ - دوائر التوحيد الأحادية الوجه

الشكل (١ - ٨) يعرض دائرة توحيد موجة كاملة أحادية الوجه باستخدام قنطرة توحيد، والمؤلفة من أربعة موحدات (D_1 : D_4) وذلك فى (الشكل أ)، وكذلك موجة الدخل V، وموجة الخرج V_{DC} وذلك فى (الشكل ب).

ويلاحظ أنه فى نصف الموجة الأول (1) يكون كلٌّ من D_2, D_4 فى حالة وصل، أما فى نصف الموجة السالب يكون D_1, D_3 فى حالة وصل وهكذا.



أ

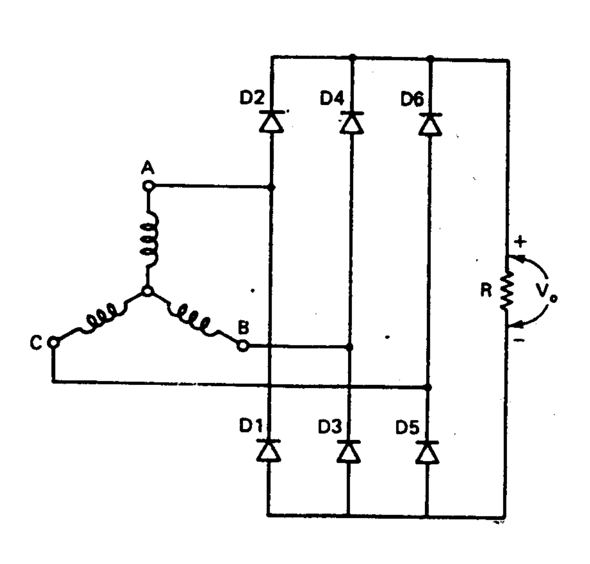


ب

الشكل (١ - ٨)

١ / ٣ / ٢ - دوائر التوحيد الثلاثية الوجه

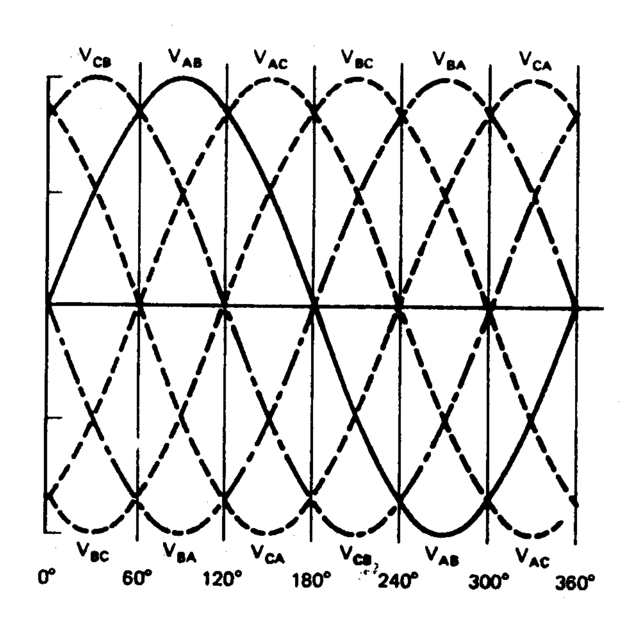
الشكل (١ – ٩) يعرض دائرة توحيد موجة كاملة ثلاثية الأوجه، وعادة يكون هناك موحدان فى حالة وصل ON، فى أى لحظة، فى حين يبقى أربعة موحدات فى حالة قطع OFF. ويكون أحد الموحدين اللذين فى حالة وصل من الموحدات الفردية D1, D3, D5، والآخر من الموحدات الزوجية D2, D4, D6 ، ويمر التيار الكهربى من الخط الذى له أعلى جهد موجب فى الموحد الزوجى عبر الحمل، ثم عبر الموحد الفردى الذى يؤدى إلى خط المصدر الذى له أعلى جهد سالب. ولذلك يمكن تحديد مسار التيار فى أى لحظة بتحديد الطرف الأعلى جهد موجب، والطرف الأعلى جهد سالب. والشكل (١ – ١٠) يعرض شكل موجات الجهد للأوجه الثلاثة ومعكوسيهم (الشكل أ) وكذلك شكل موجة الخرج VO على المقاومة R (الشكل ب).



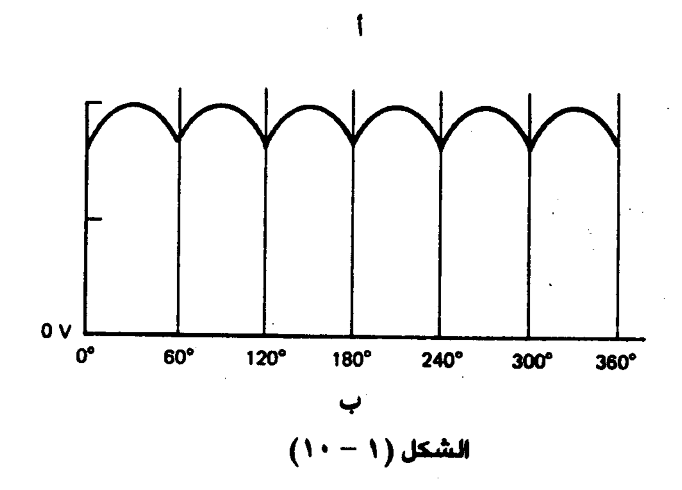
الشكل (١-٩)

والجدير بالذكر أنه لتعين الوجه الأعلى جهد موجب نتبع الآتى :

فى الفترة 0:60° يكون V_{BC} هو أعلى فرق جهد سالب، أى أن V_{CB} أعلى فرق جهد موجب، أى أن الوجه C هو أعلى جهد موجب، والوجه B هو أعلى جهد سالب، وبالتالى يكون الموحد الزوجى الذى فى حالة وصل هو D6 ، والموحد الفردى الذى فى حالة وصل هو D3 وهكذا.



أ



ب

الشكل (١ - ١٠)

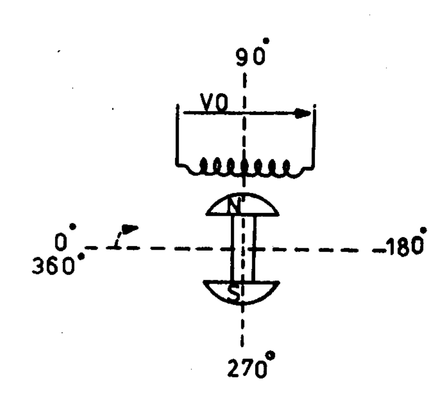
١ / ٤- المولدات التزامنية

لاستيعاب نظرية عمل المولد التزامني الأحادي الوجه، نفترض أن مغناطيساً دائماً على شكل قضيب له طرف يمثل القطب الشمالي N، والآخر يمثل القطب الجنوبي S يدور بجوار ملف كهربي كما بالشكل (١ - ١١).

وتبعاً لقانون فارادى فإنه عندما يقطع مجال مغناطيسى دوار ملف يتولد تيار

كهربى فى هذا الملف. لذلك تتولد قوة دافعة كهربية فى الملف، يختلف جهده تبعاً لوضع القضيب المغناطيسى من الملف الكهربى.

والجدول (١ - ١) يعطى قيمة الجهد عند الأوضاع الخمسة المبينة بالشكل السابق.



الشكل (١ - ١١)

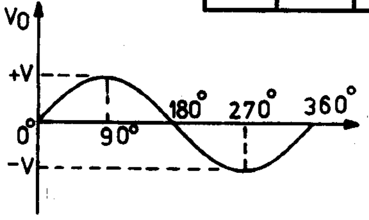
الجدول (١ - ١)

الجهد	0	+V	0	-V	0
زاوية الدوران	0°	90°	180°	270°	360°

حيث إن :

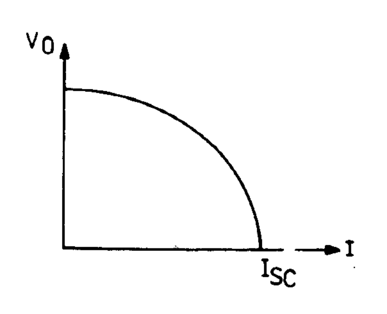
أقصى قيمة للجهد على أطراف الملفv.

والشكل (١ - ١٢) يعرض موجة كاملة للجهد على أطراف الملف Vo، وزاوية دوران المغناطيس الدوار وتسمى هذه الموجة بموجة جيبية Sine Wave .



الشكل (١- ١٢)

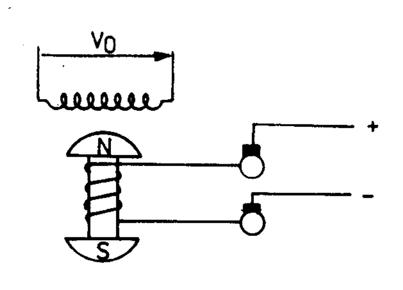
والشكل (١ - ١٣) يعرض العلاقة بين جهد أطراف الملف وتيار الحمل، ويلاحظ زنه كلما ازداد تيار الحمل I قل هد الخرج VO، والسبب فى ذلك ثبات قيمة المجال المغناطيسى الناتج عن المغناطيس الدائم الثابت القيمة. ولكى نحافظ على مستوى الجهد عند التحميل يجب استبدال المغناطيس الدائم بمغناطيس كهربى يغذى من مصدر تيار مستمر متغير

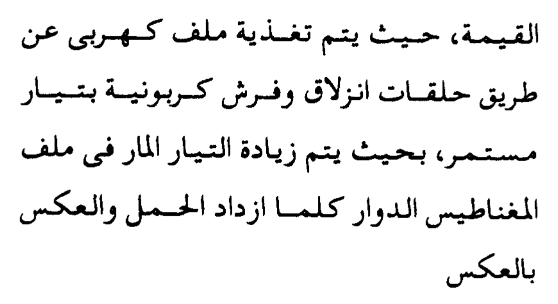


الشكل (١ - ١٣)

القيمة، حيث يتم تغذية ملف كهربى عن طريق حلقات انزلاق وفرش كربونية بتيار مستمر، بحيث يتم زيادة التيار المار فى ملف المغناطيس الدوار كلما ازداد الحمل والعكس بالعكس

والشكل (١ – ١٤) يوضح هذه الفكرة.



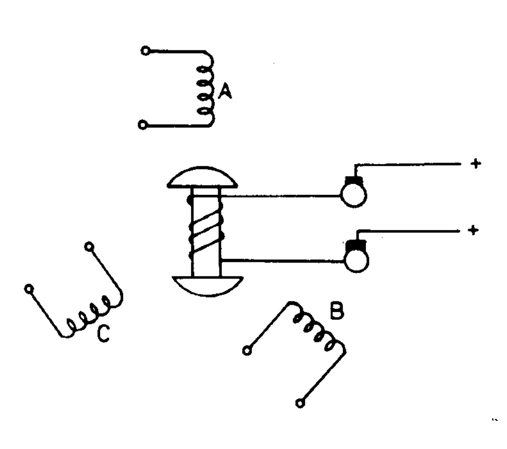


الشكل (١ – ١٤)

أما الشكل (١ – ١٥) فيبين العلاقة بين جهد الخرج على أطراف الملف الثابت Vo ، وتيار الحمل للملف الثابت I عند ثلاثة قيم لتيار ملف المغناطيسى الدوار IF. حيث إن المنحنى 1 هو منحنى خرج الملف الثابت عند أقل قيمة لتيار ملف المغناطيس الدوار. والمنحنى 2 هو منحنى

الشكل (١ – ١٥)

خرج الملف الثابت عند أعلى قيمة لتيار الملف المغناطيسى الدوار. والمنحنى هو منحنى خرج الملف الثابت عند أعلى قيمة لتيار الملف المغناطيسى الدوار. والمنحنى 3 هو منحنى خرج الملف الثابت عند قيمة متوسطة لتيار ملف المغناطيسى الدوار. ولاستيعاب نظرية عمل المولد التزامنى الثلاثى الأوجه نفترض أن مغناطيساً كهربياً متغيراً بقطبين يدور بجوار ثلاثة ملفات A, B, C، الزاوية بينهم 120° كما بالشكل



الشكل (١ – ١٦)

(١ – ١٦) ، ففى هذه الحالة يتولد فى كل ملف تيار كهربى بحيث تكون الزاوية بين

الجهد المتولد فى كل ملف والآخر هى °120 .

والجدير بالذكر أنه فى المولدات التزامنية الثلاثية الوجه، فإن كل ملف يمثل وجه من الأوجه.

الشكل (١ – ١٧)

والشكل (١ – ١٧) يبين العلاقة بين موجات الجهد المتولدة فى الملفات A,B,C والزمن.

وهناك علاقة بين سرعة دوران المولد (ns) وعدد أقطاب المولد P وتردد التيار المتولد F وهى كما يلى:

$$F = \frac{Pn_s}{120} \quad (HZ) \rightarrow 1.4$$

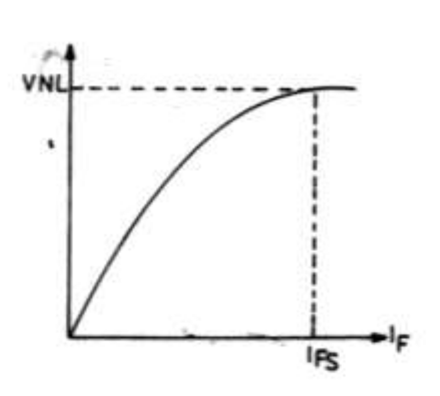
فعندما تكون سرعة المولد 3000 RPM (لفة/ دقيقة) وعدد الأقطاب 2 كما بالشكل (١ – ١٦) فإن التردد يساوى

$$F = \frac{Pns}{120}$$

$$= \frac{2 \times 3000}{120} = 50 \text{ HZ}$$

والشكل (١ – ١٨) يوضح العلاقة بين جهد أطراف ملفات الأوجه الثلاثة A,B,C وتيار المجال عند اللاحمل.

ويلاحظ من هذا المنحنى، أنه كلما ازداد تيار المجال ازداد جهد الأطراف، ولكن ليست العلاقة خطية إلى أن يصل قيمة تيار المجال إلى تيار التشبع IFS بعدها يحدث تشبع للمولد، أى يصبح جهد الخرج ثابتاً تقريباً مهما ازداد تيار



الشكل (١ – ١٨)

المجال، علماً بان جهد أطراف المولد يعتمد على ثلاثة عوامل وهم :

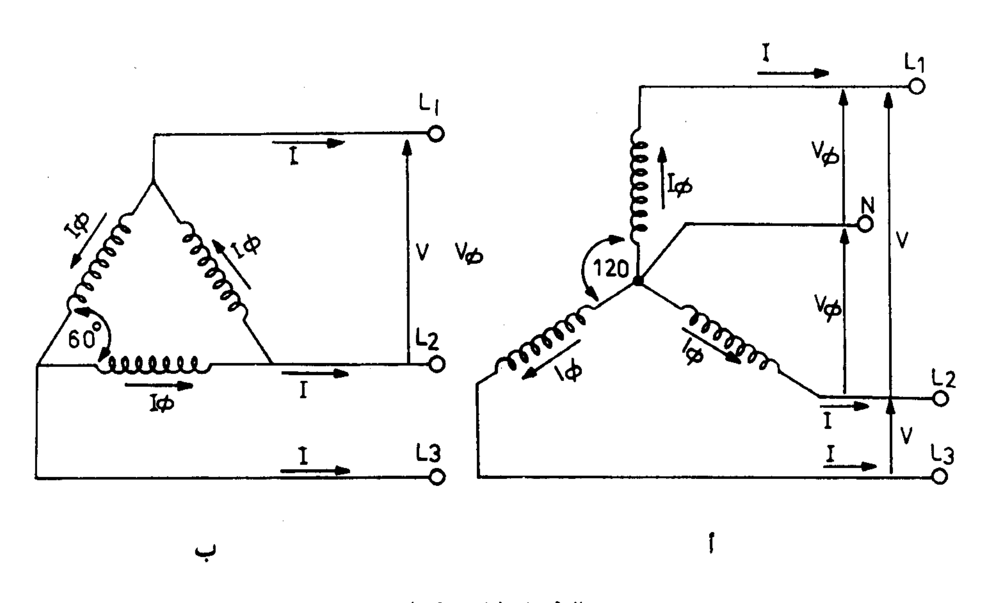
١ – سرعة دوران المولد والتى تكون ثابتة للحفاظ على ثبات التردد .

٢ – تيار المجال المغناطيسى I_F .

٣ – عدد لفات ملف المجال المغناطيسى الدوار والتى تكون ثابتة، وحيث إن كلا من سرعة دوران المولد ثابتة وعدد لفات ملف المجال ثابتة؛ لذلك فإنه يمكن التحكم فى خرج المولد بالتحكم فى تيار المجال، وذلك باستخدام منظم إلكترونى يعرف بمنظم الجهد للمولد AVR، ويعمل على زيادة أو تقليل تيار المجال حسب متطلبات الحمل للمحافظة على ثبات جهد الخرج.

١ / ٥ – التوصيلات المختلفة لملفات المولدات التزامنية

عادة يتم توصيل ملفات الأوجه الثلاثة للمولدات التزامنية، إما دلتا أو نجما. والشكل (١ – ١٩) يبين طريقة توصيل ملفات المولد نجما (الشكل أ) ، وطريقة توصيل ملفات المولد دلتا (الشكل ب) .



الشكل (١ – ١٩)

حيث إن:

الأوجه الثلاثة للمولد	L_1, L_2, L_3
جهد الخط	V
جهد الوجه (فرق الجهد بين الخط والتعادل)	$V\Phi$
تيار الخط	I
تيار الوجه	$I\Phi$

وفيما يلى خصائص توصيلة النجما:

$$V = \sqrt{3}\, V\Phi \rightarrow 1.5$$

$$I\Phi = I \rightarrow 1.6$$

وفيما يلى خصائص توصيلة الدلتا

$$I = \sqrt{3}\, I\Phi \rightarrow 1.7$$

$$V = V\Phi \rightarrow 1.8$$

والجدير بالذكر أن القدرة الفعالة للمولد التزامنى يمكن تعيينها من العلاقة 1.3، ويختلف عدد أطراف ملفات المولدات التزامنية الموجودة فى الأسواق على سبيل المثال يمكن أن تكون عدد أطرافها اثنى عشر طرفاً، أو عشرة أطراف أو ستة أطراف، أو أربعة أطراف (توصيلة النجما) أو ثلاثة أطراف (توصيلة الدلتا) .

أولاً: المولدات التزامنية ذات الاثنى عشر طرفاً.

وتحتوى على ستة ملفات منفصلة أطرافها كما يلى:

$(T_1 - T_4)$, $(T_2 - T_5)$, $(T_3 - T_6)$, $(T_7 - T_{10})$, $(T_8 - T_{11})$, $(T_9 - T_{12})$

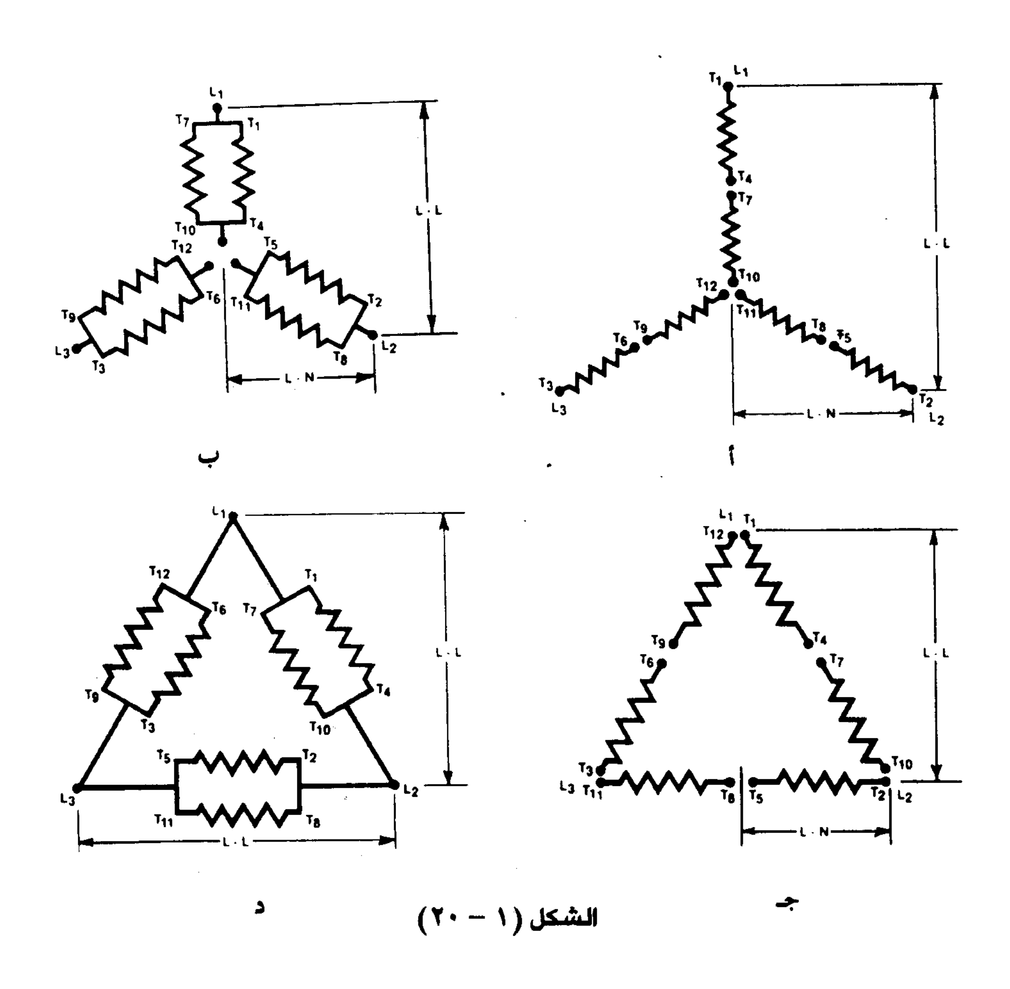
وتوصل هذه الملفات بإحدى الطرق المبينة بالشكل (١ - ٢٠) وهم كما يلى:

١ - نجما طويلة HI WYE (الشكل أ)

٢ - نجما قصيرة LOW WYE (الشكل ب).

٣ – دلتا طويلة HI DELTA (الشكل جـ) .

٤ – دلتا قصيرة LOW DELTA (الشكل د) .



الشكل (١ – ٢٠)

والجدول (١ – ٢) يبين العلاقة بين الجهد والتيار للتوصيلات المختلفة للمولد ذات الاثنى عشر طرفاً باعتبار أن القدرة الظاهرية للمولد تساوى $\sqrt{3}$ VI .

الجدول (١ - ٢)

نوع التوصيلة	تيار الخط	جهد الخط
نجما طويلة	I	V
نجما قصيرة	$2I$	$\frac{V}{2}$
دلتا طويلة	$\sqrt{3}\ I$	$\frac{V}{\sqrt{3}}$
دلتا قصيرة	$2\sqrt{3}\ I$	$\frac{V}{2\sqrt{3}}$

ويلاحظ أن أقصى جهد نحصل عليه فى حالة النجما الطويلة يساوى V ، وأقل جهد نحصل عليه فى حالة الدلتا القصيرة ويساوى $\frac{V}{2\sqrt{3}}$. أما أقصى تيار فنحصل عليه فى حالة الدلتا القصيرة ويساوى $2\sqrt{3}\ I$؛ وأقل تيار نحصل عليه فى حالة النجما الطويلة ويساوى I .

ثانيا : المولدات التزامنية ذات العشرة أطراف .

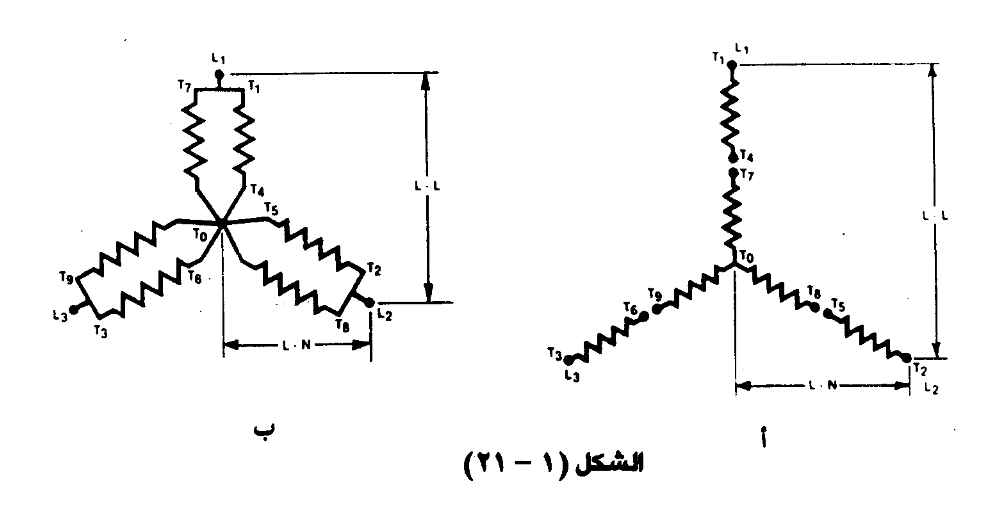
وتحتوى على ستة ملفات، ثلاثة منهم موصلة نجما، وأطرافهم T_7, T_8, T_9 ونقطة التعادل T_0، وثلاث ملفات منفصلة أطرافها هى :

$(T_1 - T_4)$, $(T_2 - T_5)$, $(T_3 - T_6)$

وتوصل هذه الملفات بإحدى الطرق المبينة بالشكل (١ - ٢١) ، وهم كما يلى :

١ - نجما طويلة HI WYE (الشكل أ)

٢ - نجما قصيرة LOW WYE (الشكل ب) .



الشكل (١ - ٢١)

والجدول (١ - ٣) يعطى قيمة جهد الخط وتيار الخط فى التوصيلات المختلفة للمولد ذات العشرة أطراف باعتبار أن القدرة الظاهرية للمولد $\sqrt{3}$ VI.

الجدول (١-٣)

نوع التوصيلة	تيار الخط	جهد الخط
نجما طويلة	I	V
نجما قصيرة	2I	V / 2

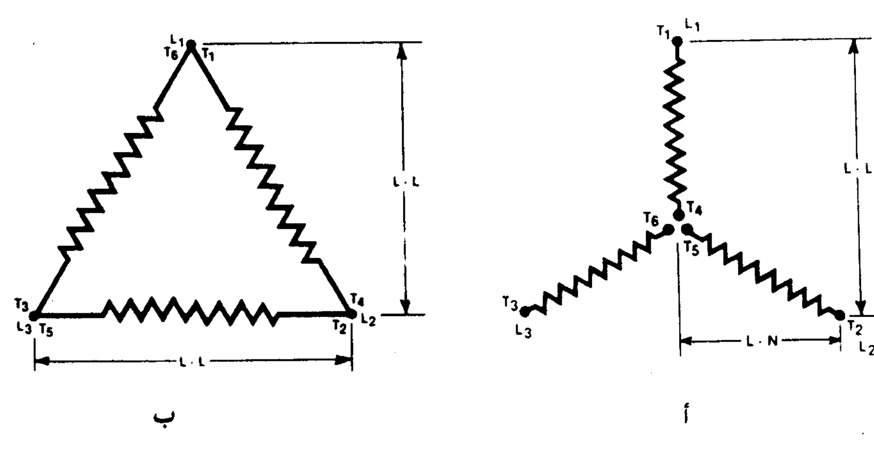
ثالثاً : المولدات ذات الستة أطراف

وتكون مزودة بثلاثة ملفات وهم : (T1 - T4), (T2 - T5), (T3- T6)

وأهم طرق توصيل المولدات ذات الستة أطراف مبينة بالشكل (١ - ٢٢) وهم كما يلى:

١ - نجما WYE (الشكل أ) .

٢ - دلتا DELTA (الشكل ب) .



الشكل (١ - ٢٢)

والجدول (١ - ٤) يعطى قيمة جهد الخط وتيار الخط فى التوصيلات المختلفة إذا كانت القدرة الظاهرية للمولد $\sqrt{3}$ IV .

الجدول (١ - ٤)

نوع التوصيلة	تيار الخط	جهد الخط
نجما	I	V
دلتا	$\sqrt{3}$ I	$\frac{V}{\sqrt{3}}$

١ / ٦ - أنواع المولدات التزامنية

يمكن تقسيم المولدات التزامنية إلى :

١ - مولدات تزامنية بفرش كربونية .

٢ - مولدات تزامنية بدون فرش كربونية ويمكن تقسيمها إلى :

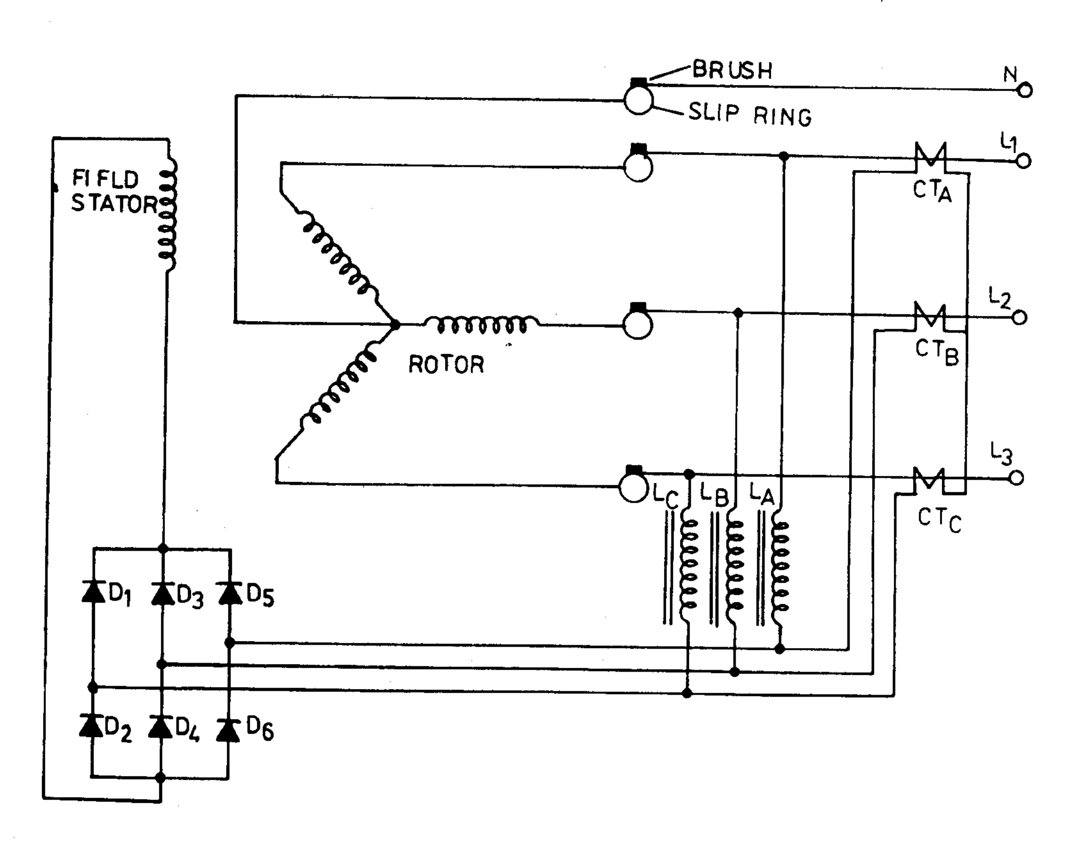
أ - مولدات تزامنية بتغذية ذاتية مزودة بمنظم جهدAVR .

ب - مولدات تزامنية بتغذية منفصلة مزودة بمنظم جهد AVR .

١ / ٦ / ١ – المولدات التزامنية ذات الفرش الكربونية

وتكون ملفات التيار المتردد لهذه المولدات مثبتة على العضو الدوار، فى حين أن ملفات المجال لهذه المولدات تكون فى العضو الثابت، وعادة فإن سعات هذه المولدات أقل من 20KVA . ويستخدم مع هذه المولدات نظام الإثارة الإستاتيكية Static Exitation ، حيث ينقل تيار خرج المولد بواسطة ثلاثة محولات تيار CT'S ، وملفات خانقة Chock Coils تقوم بتعويض التغير فى الحمل ومعامل القدرة .

والشكل (١ – ٢٣) يبين مخطط التوصيل الداخلى لهذه المولدات .



الشكل (١ – ٢٣)

حيث إن :

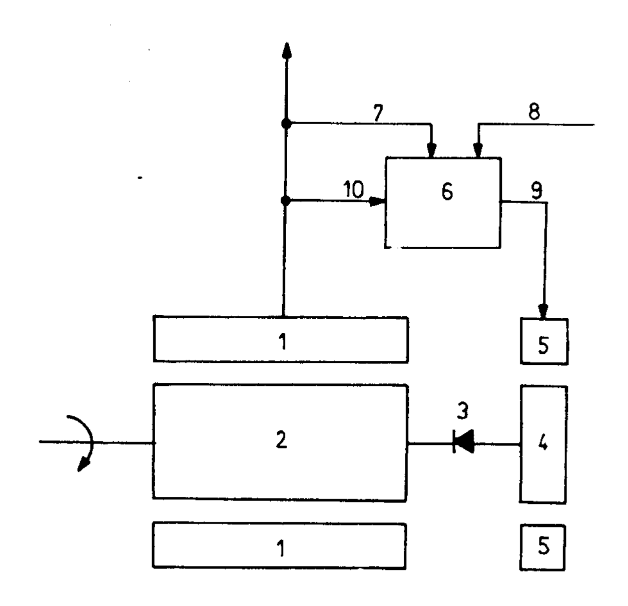
حلقات انزلاق	Slip ring
فرشة كربونية	Brush
العضو الدوار ويحمل ملفات التيار المتردد	Rotor
العضو الثابت ويحمل ملفات المجال	Stator
محولات تيار	CT_A, CT_B, CT_C
ملفات خانقة	L_A, L_B, L_C
موحدات	$D_1 - D_6$

١ / ٦ / ٢ - المولدات التزامنية ذات التغذية الذاتية والمزودة بمنظم جهد

الشكل (١ - ٢٤) يبين المخطط الصندوقى لهذه المولدات .

حيث إن :

العضو الثابت للمولد التزامنى الرئيسى	1
العضو الدوار للمولد الرئيسى وبه ملفات المجال	2
موحدات دوارة	3
العضو الدوار لمولد الإثارة وبه ملفات المجال	4
العضو الثابت لمولد الإثارة وبه ملفات التيار المتردد	5
الدائرة الإلكترونية لمنظم الجهد AVR	6
تغذية القدرة الكهربية	7
جهد المرجع	8
خرج منظم الجهد AVR	9
التغذية المرتدة	10



الشكل (١ - ٢٤)

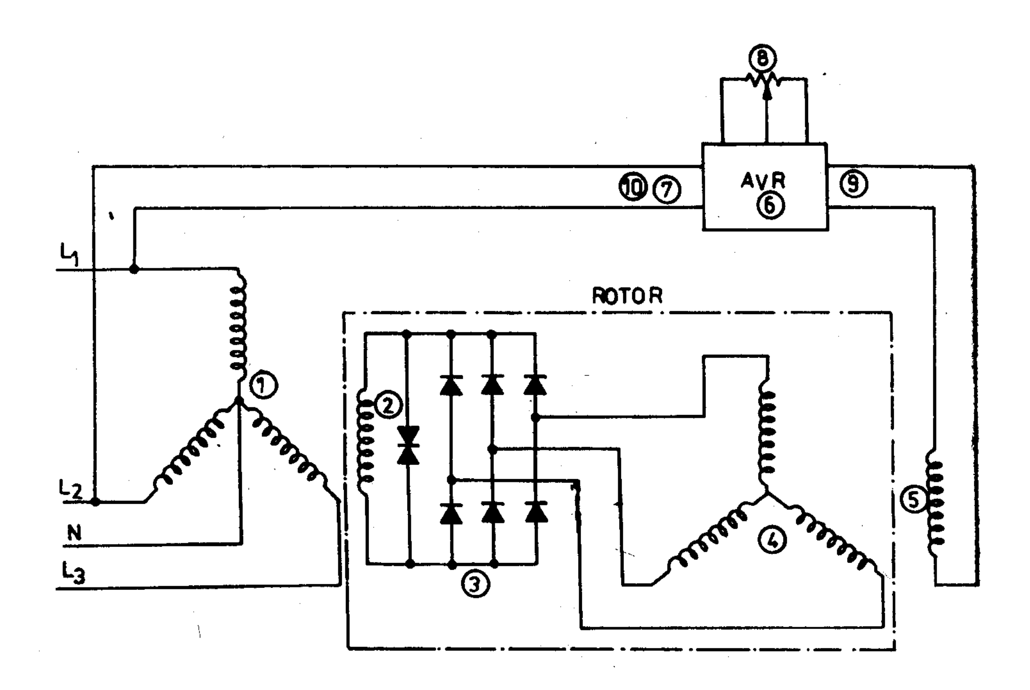
والشكل (١ - ٢٥) يبين دائرة المولدات التزامنية ذات التغذية الذاتية والمزودة بمنظم جهد AVR . ويتكون هذا النوع من المولدات من مولد تزامنى رئيسى Main Generator ، عضوه الدوار يحمل ملفات المجال الرئيسى (2)، والعضو الثابت يحمل ملفات التيار المتردد الثلاثية الأوجة (1)، ويثبت على نفس عمود الدوران مولد الإثارة Exiter وهو مولد تزامنى صغير، وظيفته تغذية ملفات المجال الرئيسى للمولد الرئيسى، ويتكون مولد الإثارة من عضو دوار يحمل ملفات التيار المتردد الثلاثية الأوجة (4)، وعضو ثابت يحمل ملفات مجال مولد الإثارة 5، ويتم توحيد خرج مولد الإثارة الثلاثى الأوجه بواسطة ستة موحدات دوارة (أى مثبتة على عمود الإدارة (3).

وعادة يتم التحكم فى جهد مجال مولد الإثارة بواسطة منظم الجهد (6)الذى يتم ضبطه على جهد المرجع المطلوب بواسطة مقاومة متغيرة (8) .

نظرية عمل المولد :

عند دوران الآلة المديرة (ماكينة الديزل) يتولد جهد صغير على أطراف ملفات التيار المتردد لمولد الإثارة نتيجة المغناطيسية المتبقية فى مجاله، ويتم توحيد هذا

الخرج بواسطة الموحدات الدوارة لتغذية ملفات مجال المولد الرئيسى، ومن ثم ينتج خرج صغير على أطراف المولد الرئيسى.



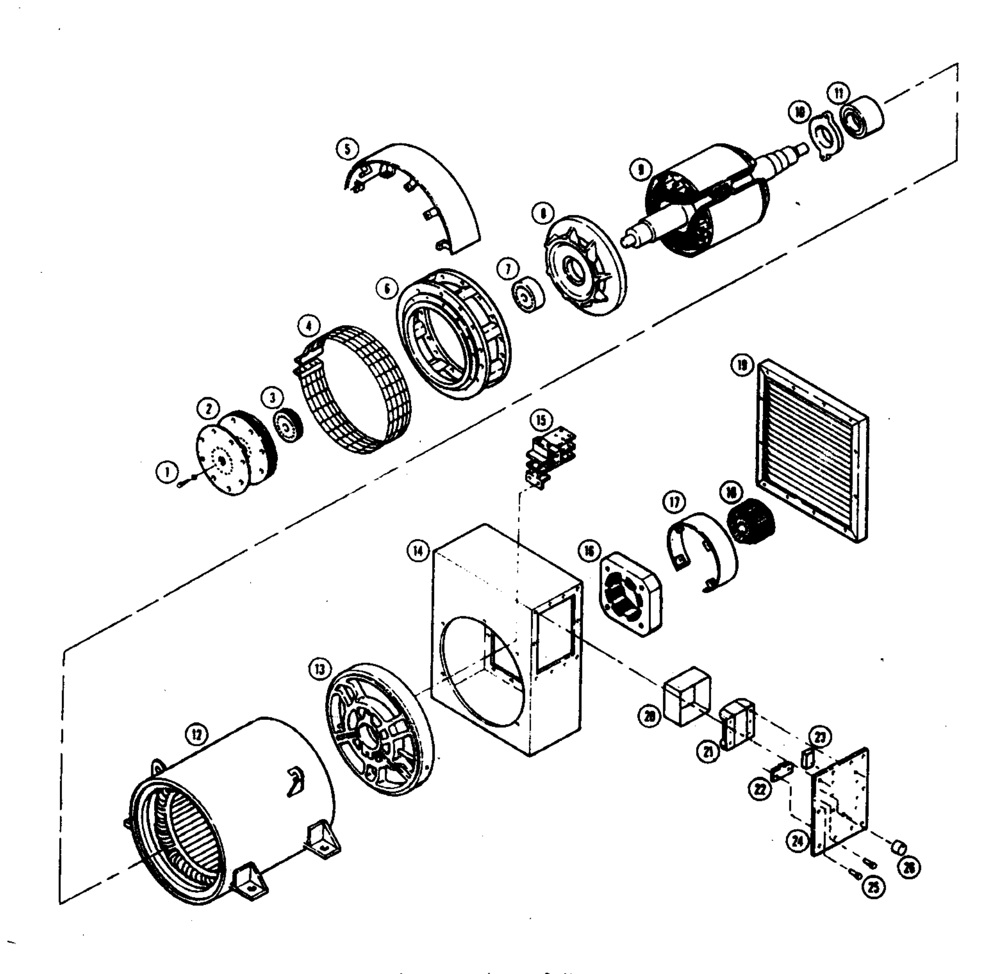
الشكل (١ - ٢٥)

ويقوم منظم الجهد AVR بمقارنة خرج المولد الرئيسى مع جهد المرجع المعاير عليه، فيجد أن جهد الخرج للمولد الرئيسى أقل بكثير من المطلوب، لذلك يقوم AVR بزيادة جهد ملفات مجال مولد الإثارة، وهذا بدوره سيؤدى لزيادة الجهد على أطراف ملفات التيار المتردد لمولد الإثارة، ويتم توحيد هذا الخرج وتغذية ملفات مجال المولد الرئيسى، ومن ثم يرتفع الجهد على أطراف المولد الرئيسى وهكذا وصولاً للجهد المطلوب، علماً بأن هذه العملية تتم بسرعة عالية؛ لذا فإن الجهد على أطراف المولد الرئيسى يصل إلى حالة الاستقرار بمجرد وصول ماكينة الديزل لسرعة التزامن.

والشكل (١ – ٢٦) يعرض أجزاء مولد تزامنى بتغذية ذاتية من إنتاج شركة Marthon Electric الأمريكية.

وفيما يلى أهم عناصر هذا الشكل:

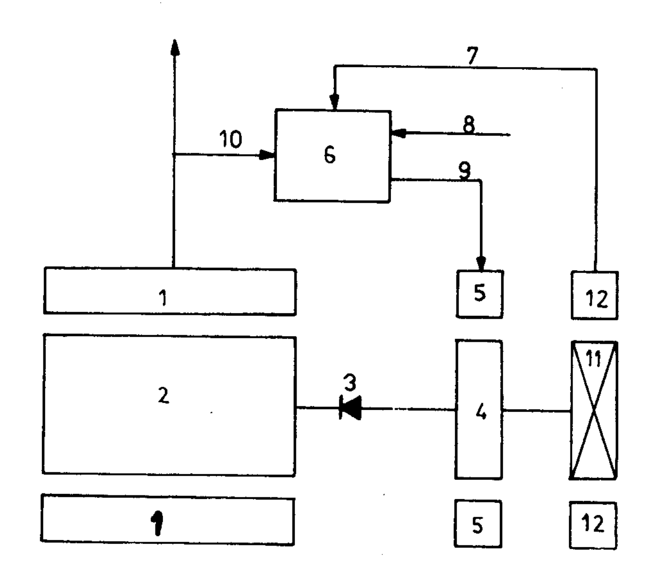
القرص المدير	2
فاصل	3
شبكة	4
غطاء	5,17
موافق حلقى	6
مروحة	8
العضو الدوار	9
غطاء كرسى محور	10
كرسى المحور	11
العضو الثابت	12
الغطاء الأمامى للعضو الثابت	13
صندوق توصيل	14
العضو الثابت لمولد الإثارة	16
العضو الدوار لمولد الإثارة	18
غطاء بفتحات تهوية لصندوق التوصيل	19
صندوق يوضع به منظم الجهد AVR	20



الشكل (١ – ٢٦)

١ / ٦ / ٣ – المولدات التزامنية ذات التغذية المنفصلة والمزودة بمنظم جهد

الشكل (١ – ٢٧) يبين المخطط الصندوقى لهذه المولدات .



الشكل (١ – ٢٧)

حيث إن :

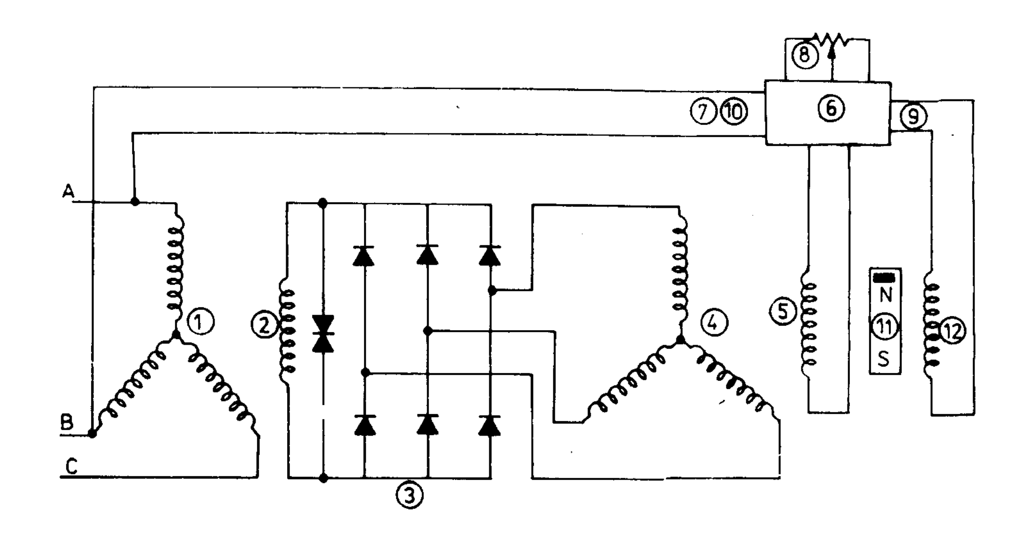
العضو الثابت للمولد التزامنى الرئيسى	1
العضو الدوار للمولد التزامنى الرئيسى؛ ويحمل ملفات المجال	2
موحدات دوارة	3
العضو الدوار لمولد الإثارة؛ ويحمل ملفات مجال مولد الإثارة	4
العضو الثابت لمولد الإثارة؛ ويحمل ملفات التيار المتردد الثلاثى الوجه	5
الدائرة الإلكترونية لمنظم الجهد AVR	6
تغذية القدرة الكهربية	7
جهد المرجع	8
خرج AVR	9

التغذية المرتدة 10

مغناطيس دائم لمولد تزامنى أحادى الوجه 11

ملفات التيار المتردد للمولد ذات المغناطيس الدائم PMG 12

والشكل (١ – ٢٨) يبين دائرة المولدات التزامنية ذات التغذية المنفصلة .



الشكل (١ – ٢٨)

نظرية عمل المولد :

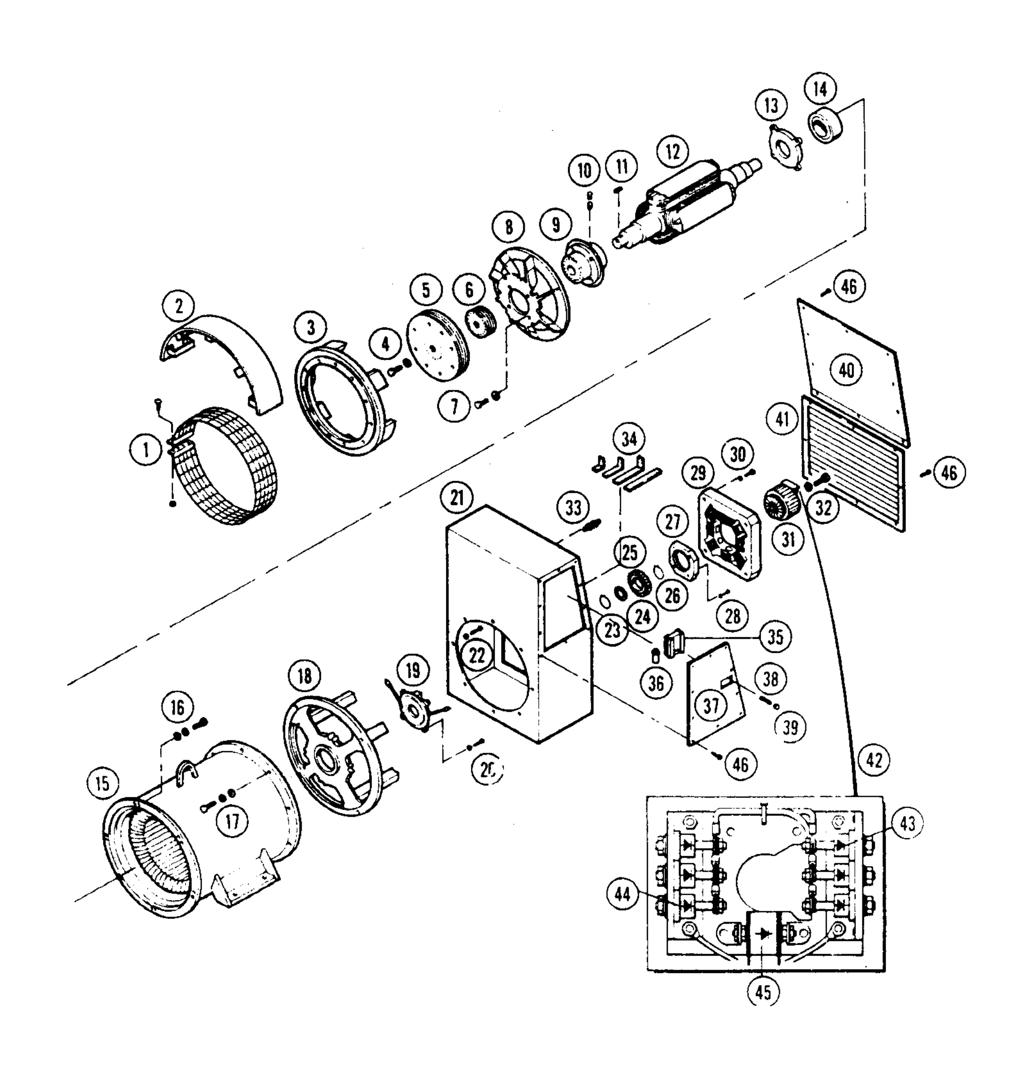
عند دوران ماكينة الديزل يقوم المولد التزامنى الأحادى الوجه ذى المغناطيس الدائم PMG بتوليد جهد على أطرافه (12)، وهذا الجهد يقوم بتغذية الدائرة الإلكترونية لمنظم الجهد AVR(6)، ويقوم AVR بدوره بتغذية ملفات مجال مولد الإثارة (5) بالجهد اللازم للوصول للخرج المطلوب للمولد الرئيسى، وبالتالى يتولد جهد على أطراف ملفات التيار المتردد لمولد الإثارة (4)، ويتم توحيد هذا الجهد بواسطة الموحدات الدوارة (3)، ثم تغذية ملف مجال المولد الرئيسى (2)، ومن ثم

يتولد جهد على أطراف ملفات التيار المتردد للمولد الرئيسى (1) يتناسب مع تيار مجال المولد الرئيسى، ويقوم منظم الجهد (6)، بقياس جهد أطراف المولد الرئيسى، ومن ثم تعديل جهد أطراف مجال مولد الإثارة للوصول للجهد المطلوب على أطراف المولد الرئيسى، والذى يقابل جهد المرجع الذى تم ضبطه بواسطة المقاومة المتغيرة (8) الموصلة مع AVR؛ علماً بأن ذلك يتم فى لحظات.

والشكل (١ – ٢٩) يعرض أجزاء مولد تزامنى بتغذية منفصلة من إنتاج شركة Marthon Electric.

حيث إن :

شبكة	1
غطاء	2
موافق حلقى	3
قرص الإدارة	5
فواصل	6
مروحة	8
الهب	9
مجموعة العضو الدوار	12
الكرسى الأمامى	14
جسم العضو الثابت	15
موافق أمامى	18
صندوق أطراف التوصيل	21
العضو الدوار للمولد PMG	25
العضو الثابت لمولد PMG	27
العضو الثابت لمولد الإثارة	29



1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46

الشكل (١ - ٢٩)

والجدير بالذكر أن الموحدات الدوارة Rotating Diodes والمثبتة على عمود الإدارة الرئيسى لهذه المولدات يتم حمايتها بواسطة مخمد قفزات الجهد Surge Suppressor، حيث إن هذا العنصر يكون له مقاومةً كبيرةً جداً أثناء التشغيل العادى، ولكن عند حدوث تغير كبير فى الحمل تتولد قوة دافعة كهربية عالية على أطراف المجال الرئيسى، أى على أطراف الموحدات الدوارة (لأن المولد يعمل فى هذه الحالة كما لو كان محولاً) فيعمل مخمد قفزات الجهد كمقاومة صغيرة قادرة على تشتيت هذه الطاقة العالية الموجودة فى ملفات المجال، وبالتالى يعود جهد المجال لقيمته المقننة مرة أخرى، وفى حالة عدم استخدام مخمد قفزات الجهد، فإن الموحدات يمكن أن تتلف عند التغير الكبير فى الأحمال نتيجة لتشتت الطاقة العالية المتولدة على أطراف ملف المجال الرئيسى عبر هذه الموحدات.

١ / ٧ - حماية المولدات التزامنية من الظروف البيئية

إن ارتفاع رطوبة الجو تؤدى إلى حدوث تكاثف للماء على ملفات المولد مما يقلل من عزل المولد وتسرع من انهياره، ومن أجل تجنب تكاثف بخار الماء تزود بعض المولدات بسخان لمنع التكاثف حيث يقوم هذا السخان برفع درجة حرارة المولد درجات قليلة عن حرارة الجو، مما يمنع من تكاثف البخار على ملفات المولد.

وأيضاً يجب حماية المولدات التزامنية من دخول قطرات الماء عند نزول الأمطار داخل المولدات العاملة بالعراء، من أجل ذلك تكون فتحات التهوية مائلة لمنع دخول قطرات الماء المتساقطة بزاوية 60° على الرأسى Drip -proof Louvers، وتصمم هذه الفتحات لمنع دخول قطرات المطر المتساقطة داخل المولد.

وأيضاً يجب حماية المولدات العاملة فى العراء من دخول الأتربة الناعمة بداخلها، لأن هذه الأتربة يمكن أن تترسب بفعل رطوبة الجو على ملفات المولد، فتقلل من جودة عزل الملفات وتسرع من انهيار عزل الملفات؛ لذلك تزود هذه المولدات بمرشح للهواء يوضع عند فتحات التهوية لمنع دخول الأتربة الناعمة والرمال داخل المولد.

الباب الثانى

أجهزة القياس الكهربية

أجهزة القياس الكهربية

٢ / ١ - التصميمات المختلفة لأجهزة القياس

يمكن تقسيم أجهزة القياس حسب تصميمها إلى :

١ - أجهزة قياس بملف متحرك Moving coil instruments .

٢ - أجهزة قياس بقلب حديدى متحرك Moving iron instruments .

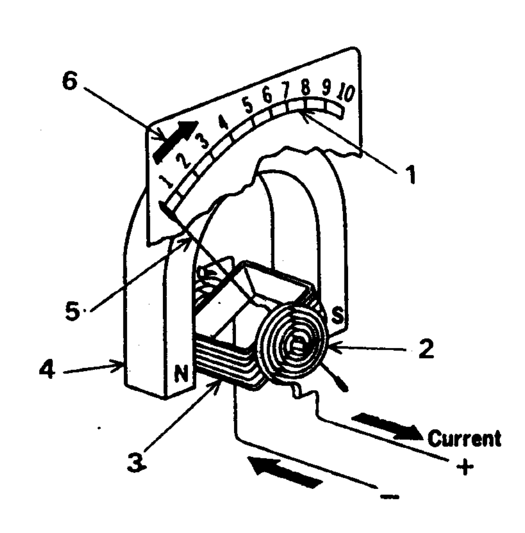
٣ - أجهزة قياس كهروديناميكية Electrodynamic instrument .

٤ - أجهزة قياس حثية Induction instruments .

٥ - أجهزة قياس اهتزازية Vibrating instruments .

٢ / ١ / ١ - أجهزة القياس ذات الملف المتحرك

الشكل (٢ - ١) يعرض نموذجًا لجهاز قياس بملف متحرك .



الشكل (٢ - ١)

حيث إن :

تدريج	1
ياى ومحور دوران	2
ملف كهربى	3
مغناطيس دائم على شكل حذاء الفرس	4
مؤشر	5
اتجاه حركة المؤشر	6

نظرية العمل :

فعند مرور تيار كهربى مستمر فى الملف الكهربى 3 يتولد مجال مغناطيسى يتناسب شدته مع شدة التيار المار، ويحدث تأثير متبادل بين المجال المغناطيسى للملف الكهربى والمجال المغناطيسى للمغناطيس الدائم 4، ويتولد عزم دوران يعمل على إدارة الملف الكهربى، ومن ثم يدور المؤشر وعند تساوى عزم الدوران الناتج عن تداخل المجالات المغناطيسية مع العزم المعاكس الناتج عن الياى 5 يتوقف المؤشر عند القراءة المقابلة لشدة التيار.

وتستخدم أجهزة القياس ذات الملف المتحرك كأجهزة أميتر، أو أجهزة فولتميتر تيار مستمر، وكذلك يمكن استخدامها كأجهزة أميتر أو فولتميتر تيار متردد بتوصيلها مع موحد Diode.

٢ / ١ / ٢ - أجهزة القياس ذات القلب الحديدى المتحرك

وتنقسم هذه الأجهزة إلى نوعين أساسين وهما :

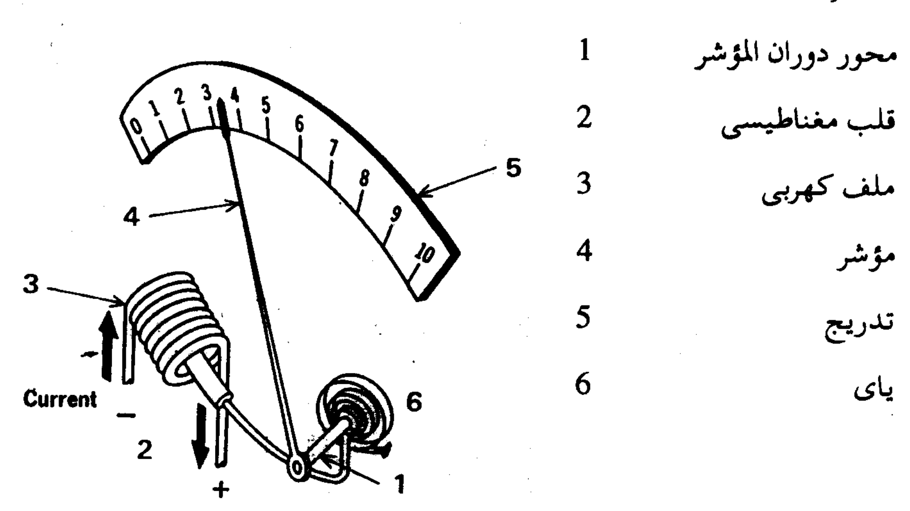
- النوع التجاذبى.
- النوع التنافرى.

أولاً : النوع التجاذبى

الشكل (٢ - ٢) يعرض نموذجًا مبسطًا لجهاز قياس ذو قلب حديدى متحرك من النوع التجاذبى.

حيث إن :

محور دوران المؤشر	1
قلب مغناطيسى	2
ملف كهربى	3
مؤشر	4
تدريج	5
ياى	6



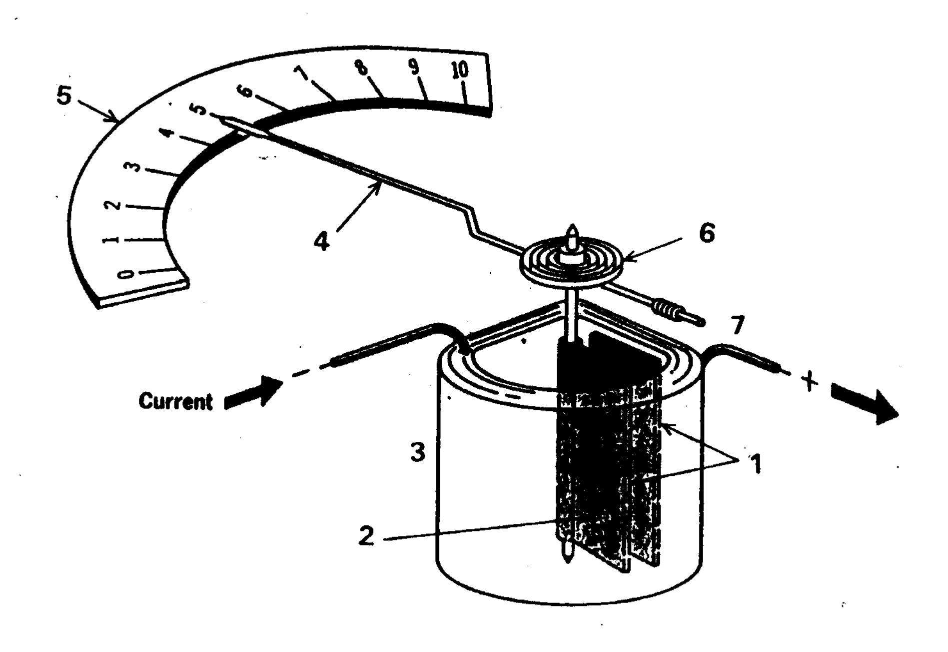
الشكل (٢ – ٢)

نظرية العمل :

عند مرور تيار كهربى فى الملف 2 يتولد مجال مغناطيسى قادر على جذب القلب المغناطيسى 2، فيتحرك المؤشر على التدريج ويتناسب عزم انحراف المؤشر مع مربع التيار المار، وعند تساوى عزم الانحراف مع العزم المعاكس والناتج عن الياى 6 يتوقف المؤشر عند القراءة المقابلة للتيار أو الجهد المسلط على ملف الجهاز . وبمجرد انقطاع التيار الكهربى عن ملف الجهاز يعود المؤشر إلى صفر التدريج بفعل وجود الياى 6 .

ثانيًا : النوع التنافرى :

الشكل (٢ – ٣) يعرض نموذجًا لجهاز قياس بقلب مغناطيسى حديدى متحرك من النوع التنافرى .



الشكل (٢ – ٣)

حيث إن:

مروحتان من الحديد المطاوع أحدهما ثابتة والأخرى دوارة	1
مروحة متحركة ومثبتة على محور دوران مؤشر الجهاز	2
ملف كهربى	3
المؤشر	4
التدريج	5
ياى مثبت فى محور الارتكاز	6
ثقل معاكس لتخميد حركة المؤشر	7

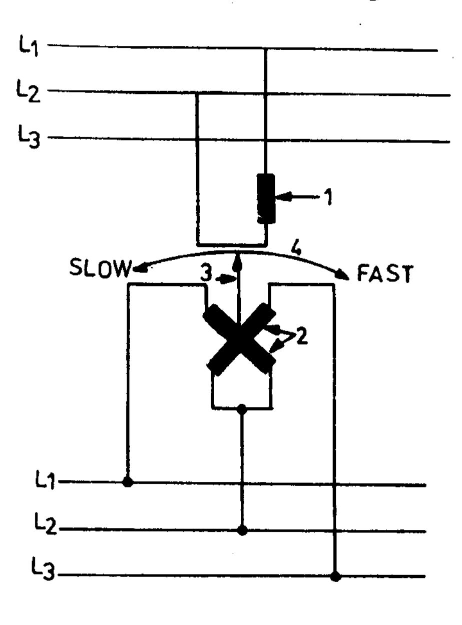
نظرية العمل:

عندما يمر تيار فى الملف الكهربى للجهاز ينشأ أقطاب مغناطيسية متشابهة القطبية فى كل من المروحتين الثابتة والمتحركة، وبالتالى تنشأ بينهما قوة تنافر؛ ونتيجة لقوة التنافر فإن المروحة تتحرك مبتعدة عن المروحة الأخرى الثابتة ويتحرك

معها المؤشر بحيث تكون حركة المؤشر معبرة عن التيار أو الجهد المقاس، وعزم الانحراف للمؤشر يتناسب طرديًا مع مربع التيار المار فى ملف الجهاز، وعند انقطاع التيار الكهربى عن ملف الجهاز فإن المروحتين تفقدان مغناطيسيتهما ويعود المؤشر إلى صفر التدريج بفعل وجود الياى.

وعادة تستخدم الأجهزة ذات القلب الحديدى كأجهزة أميتر وفولتميتر، وكذلك كأجهزة توافق (سينكروسكوب) Synchrosrope .

والشكل (٢ – ٤) يعرض تركيب جهاز التوافق، ويتركب جهاز التوافق من ملف ثابت (1)، وملفين متحركين (2) يعملان معًا زاوية 120°، ومثبتان مع القلب الحديدى والمؤشر (3) على محور الدوران، وللجهاز تدريج (4) مدون عليه Fast أى سريع وأيضًا Slow أى بطئ.



الشكل (٢ – ٤)

نظرية عمل جهاز التوافق A

يوصل طرفا الملف الثابت (1) بالشبكة. ويوصل أطراف الملفين المتحركين مع المولد المطلوب إدخاله على الشبكة، وبذلك يتولد ثلاثة مجالات مغناطيسية للملف

الثابت، والملفين المتحركين وينشأ مجال المغناطيسى محصل، وهناك ثلاثة حالات وهم كما يلى:

١ - تساوى تردد الشبكتين مع عدم وجود اتفاق وجهى بينهما، فإن المؤشر ينحرف بزاوية فى أحد الاتجاهين ويثبت.

٢ - عندما يكون التردد غير متساوٍ يحدث دوران للمؤشر فى اتجاه عقارب الساعة إذا كان المولد الداخل أسرع Fast والعكس بالعكس.

٣ - عند تساوى التردد مع وجود اتفاق وجهى فإن المؤشر يثبت عند الوضع العمودى.

مميزات أجهزة القياس ذات القلب الحديدى:

١ - انخفاض السعر.

٢ - تحملها التيارات الزائدة.

٣ - استخدامها في قياسات التيار المستمر والمتردد.

عيوب أجهزة القياس ذات القلب الحديدى:

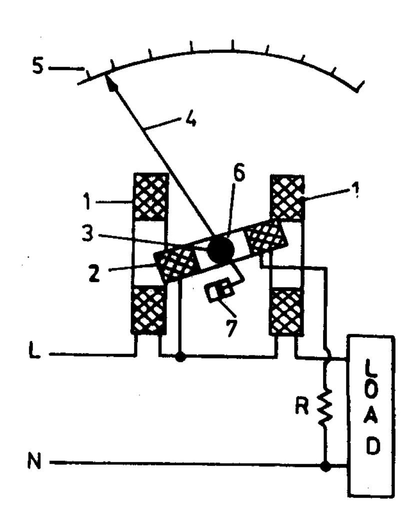
١ - انخفاض دقة الجهاز.

٢ - عدم انتظام التدريج.

٣ - تأثرها بتغير التردد.

٢ / ١ / ٣ - أجهزة القياس الكهروديناميكية

عادة تستخدم هذه الأجهزة كأجهزة قياس للقدرة. والشكل (٢ - ٥) يعرض تركيب جهاز قياس قدرة أحادى الوجه من النوع الكهروديناميكى.



الشكل (٢ – ٥)

حيث إن:

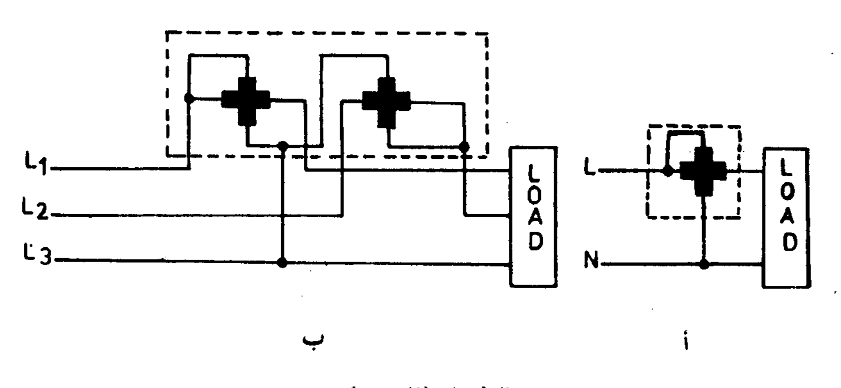
ملف ثابت يتكون من جزئين متماثلين بقلب هوائى ويعمل كملف تيار	1
ملف متحرك ويعمل كملف جهد	2
محور دوران المؤشر	3
المؤشر	4
التدريج	5
ياى	6
اسطوانة بمكبس تعمل على تخميد حركة المؤشر	7
مقاومة كبيرة لتقليل التيار المار فى الملف المتحرك	R
الحمل	LOAD

نظرية العمل:

عند توصيل الملفات بالتيار الكهربى يتولد مجال مغناطيسى لكلا الملفين، ويتناسب المجال المغناطيسى للملف الثابت مع التيار، فى حين يتناسب المجال المغناطيسى للملف المتحرك مع جهد الدائرة، وينشأ عن ذلك عزم دوران يجعل الملف المتحرك يدور، وعند تساوى عزم الدوران مع عزم التحكم الناتج عن وجود الياى 6،

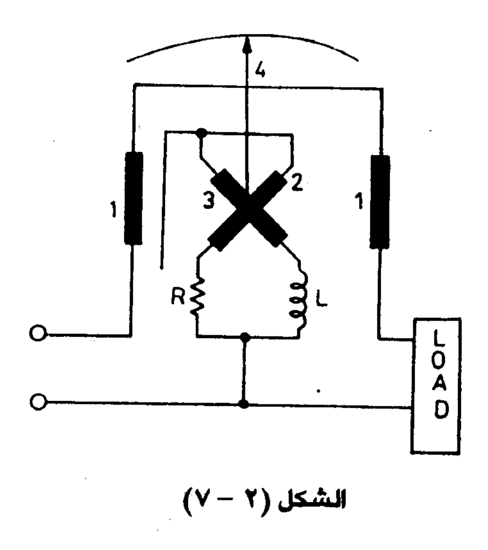
يتوقف المؤشر عند القراءة المقابلة للقدرة المستهلكة للحمل، وبمجرد فصل جهاز قياس القدرة عن الحمل يعود المؤشر للصفر مرة أخرى.

والجدير بالذكر أن جهاز قياس القدرة الثلاثى الوجه يتكون داخليًا من جهازى قياس قدرة وجه واحد، حيث يثبت الملفان المتحركان على عمود دوران الجهاز. والشكل (٢ – ٦) يعرض دائرة جهاز قياس قدرة أحادى الوجه (الشكل أ)، ودائرة جهاز قياسى قدرة ثلاثى الوجه (الشكل ب).



الشكل (٢ – ٦)

والشكل (٢ – ٧) يعرض تركيب جهاز قياس معامل القدرة الكهروديناميكى.



الشكل (٢ – ٧)

ويتركب من:

ملف ثابت	1
ملفان متحركان متعامدان معًا	2,3
مؤشر	4
تدريج	5
مقاومة كبيرة	R
معاوقة حثية كبيرة	L

نظرية العمل:

نظراً لتوصيل معاوقة حثية L، مع الملف 2، فإن التيار المار فى هذا الملف سيكون متأخراً عن الجهد بزاوية °90، فى حين يصبح التيار المار فى الملف 3 متفقًا فى الوجه مع الجهد لتوصيل مقاومة عادية R معه. وعند مرور تيار كهربى فى الملفات 3 ,2 ,1 ينتج عزم دوران ناشئ عن تفاعل مجال الملف الثابت 1، والمجال المغناطيسى للملف 2، وينشأ عزم معاكس نتيجة لتفاعل المجال المغناطيسى للملف الثابت 1، والمجال المغناطيسى للملف 3، ويتحرك المؤشر فى اتجاه العزم المحصل يتناسب مع زاوية الوجه بين الجهد والتيار. وعادة تعمل هذه الأجهزة عند تردد معين لأن تغير التردد يغير من قراءة الجهاز.

والجدير بالذكر أنه لا يوجد ياى بالجهاز؛ لذلك فإن الجهاز لا يعود لوضعه الأول بعد قطع التيار الكهربى عن الجهاز.

مميزات الأجهزة الكهروديناميكية:

١ – تستخدم فى دوائر التيار المستمر والتيار المتردد.

٢ – لها دقة عالية.

عيوب الأجهزة الكهروديناميكية:

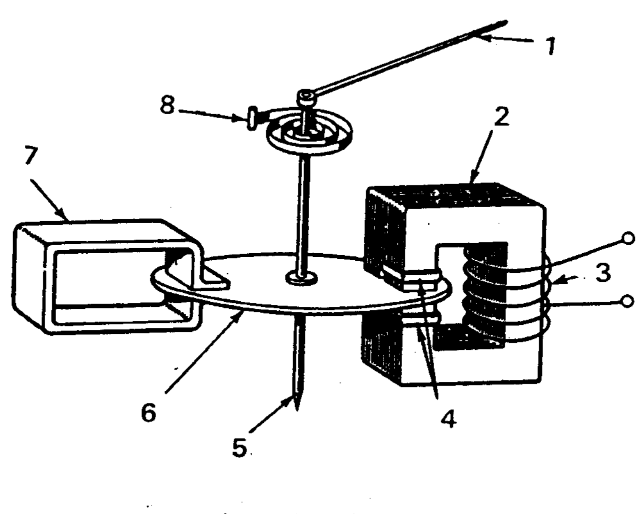
١ – يتأثر بالمجالات الشاردة.

٢ – زيادة القدرة المستهلكة فى ملفاتها.

٣ – ارتفاع سعرها.

٢ / ١ / ٤ - أجهزة القياس الحثية

الشكل (٢ - ٨) يعرض تركيب جهاز قياس حثى.



الشكل (٢ - ٨)

حيث إن:

مؤشر	1	محور ارتكاز	5
قلب مغناطيسى	2	قرص من الألومنيوم	6
ملف كهربى	3	مغناطيس دائم لتخميد حركة القرص	7
حلقة من النحاس	4	ياى	8

نظرية العمل:

عند مرور التيار الكهربى فى الملف 3 مجال مغناطيسى أساسى، وعندما يقطع هذا المجال الحلقات النحاسية يتولد مجالاً مغناطيسيًا آخر بالحث متأخر عن المجال الأول بزاوية °45، وينتج عن تفاعل هذين المجالين عزم دوار للقرص 6، ويتوقف القرص عند تساوى عزم الدوران والعزم المعاكس الناتج عن الياى 8، وذلك عند القيمة المقابلة للتيار المار فى الملف 3. أما المغناطيس الدائم 7 فيعمل على تخميد

حركة القرص ومنع ذبذبته، ومن ثم منع ذبذبة المؤشر أثناء حركته.

مميزات أجهزة القياس الحثية :

١ – عدم التأثر بالمجالات الشاردة لقوة مجالاتها.

٢ – متانة هذه الأجهزة.

٣ – تحملها للتيارات الزائدة عن مقننها.

٤ – طول عمرها.

عيوب أجهزة القياس الحثية :

١ – تستخدم فى قياسات التيار المتردد فقط.

٢ – عدم انتظام تدريجها.

٣ – زيادة الخطأ عند التيارات الصغيرة وزيادة فقد القدرة الكهربية فيها.

٤ – تغير دقتها مع تغير درجة حرارتها.

٥ – ارتفاع سعرها.

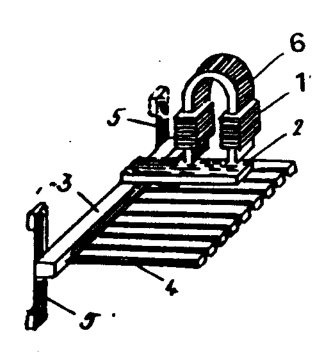
٢ / ١ / ٥ – الأجهزة الاهتزازية

تستخدم هذه الأجهزة فى قياس التردد.

والشكل (٢ – ٩) يعرض نموذجًا لهذه الأجهزة.

حيث إن :

ملف كهربى	1
عضو استنتاج من الصلب	2
قضيب معدنى	3
شرائح فولاذية بأطوال مختلفة	4
ياى	5
قلب مغناطيسى على شكل u	6



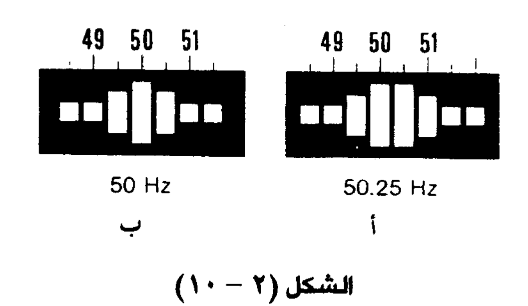
الشكل (٢ – ٩)

نظرية عمل الجهاز:

عند توصيل الملف 1 بالمصدر الكهربى المتردد يصبح القلب المغناطيسى الذى على شكل u (6) كمغناطيس كهربى، فيحدث تجاذبًا وتنافرًا بين القلب المغناطيسى 1 وعضو الاستنتاج 2 بتردد يساوى تردد المصدر الكهربى، وتنتقل هذه الاهتزازات إلى القضيب المعدنى 3، ومن ثم تنتقل هذه الاهتزازات إلى الشرائح الفولاذية 4، ويكون اهتزاز الشريحة التى لها ترددًا طبيعيًا مساويًا لتردد المصدر أكبر ما يمكن.

والجدير بالذكر أن الشرائح الفولاذية مثبتة من أحد جانبيها فى القضيب المعدنى 3، وحرة من الجانب الآخر ويدهن الجانب الحر للشرائح الفولاذية باللون الأبيض.

والشكل (٢ – ١٠) يعرض شكل الريش المهتزة عند ترددين مختلفين، (فالشكل أ) عند تردد 50.25HZ، (والشكل ب) عند تردد 50HZ تمامًا.



الشكل (٢ – ١٠)

٢ / ٢ - أجهزة القياس الكهربية المستخدمة مع المولدات التزامنية

يوجد العديد من أجهزة القياس الكهربية المستخدمة مع المولدات التزامنية مثل :

١ - أجهزة الفولتميترات (V) .

٢ - أجهزة الأميترات (A) .

٣ - أجهزة قياس القدرة الفعالة وغير الفعالة (KVAr,KW) .

٤ - جهاز معامل القدرة (COSφ) .

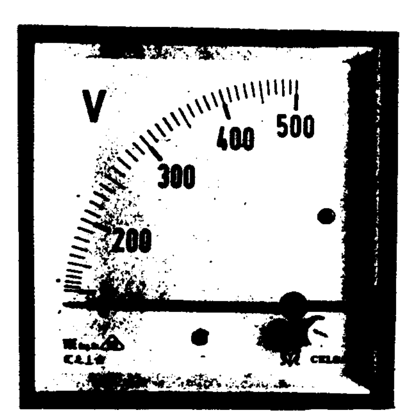
٥ - أجهزة قياس التردد (HZ) .

٦ - أجهزة قياس ساعات التشغيل (H) .

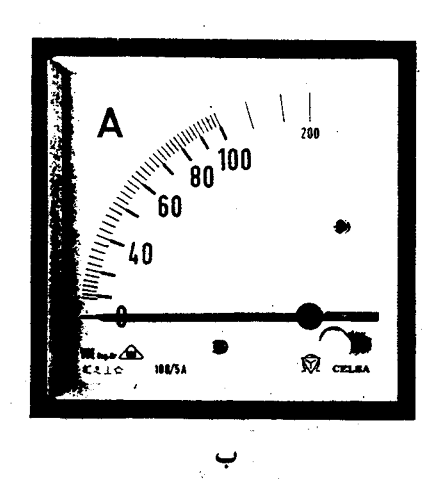
٧ - السينكروسكوب (جهاز التوافق) .

والشكل (٢ - ١١) يعرض ستة أنواع من الأجهزة المستخدمة مع المولدات التزامنية والمصنعة بشركة CELSA الأسبانية وهم :

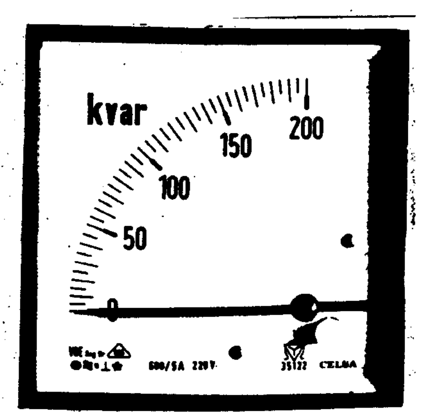
- جهاز فولتميتر (أ) .
- جهاز أميتر (ب) .
- جهاز قياس قدرة غير فعالة (جـ) .
- جهاز قياس قدرة فعالة (د) .
- جهاز معامل قدرة (هـ) .
- جهاز قياس تردد (و) .



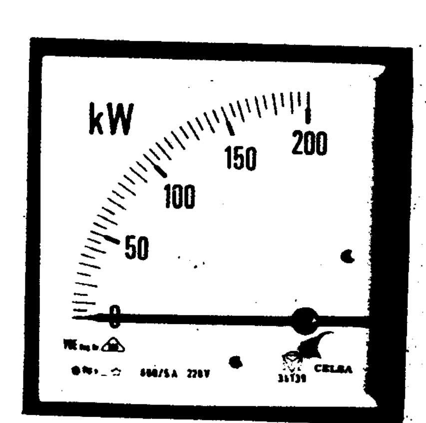
أ



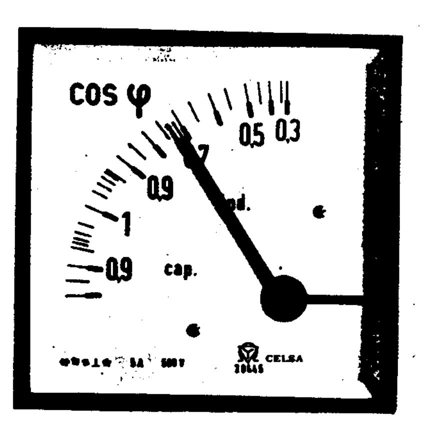
ب



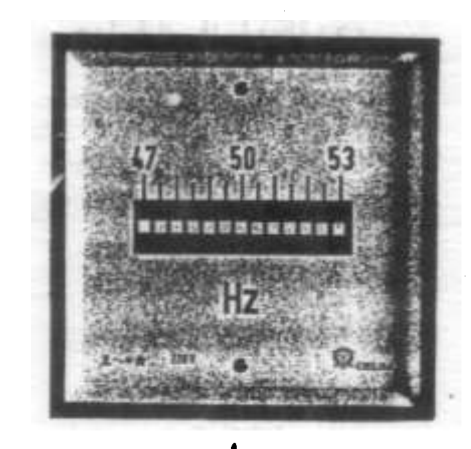
جـ



د



هـ



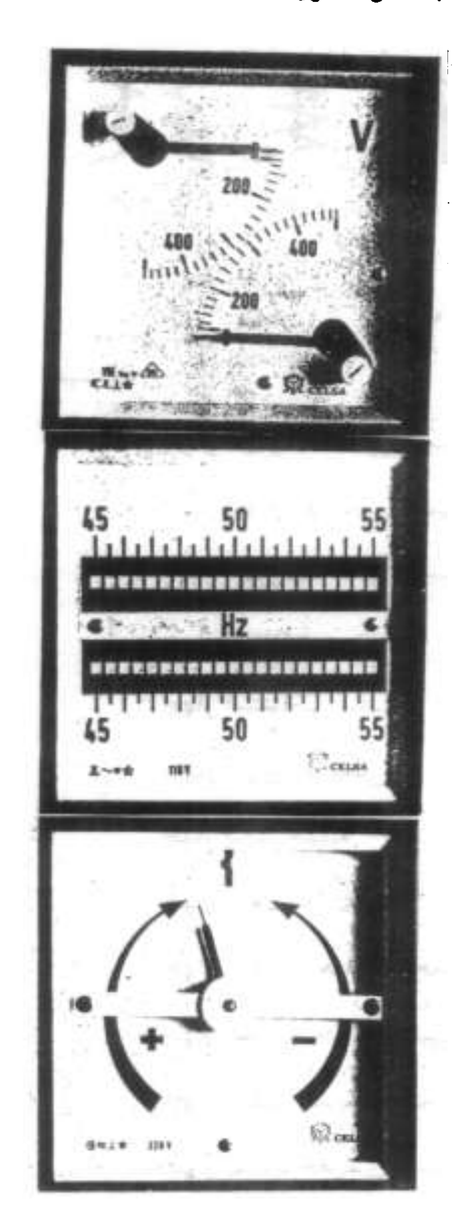
و

الشكل (٢ – ١١)

والشكل (٢ – ١٢) يعرض مجموعة تزامن وتتكون من:

جهاز فولتميتر مزدوج – جهاز قياسى تردد مزدوج – جهاز سينكروسكوب.

ومن أجل توصيل مولدين على التوازى يجب تحقق الشروط التالية:



الشكل (٢ – ١٢)

١ – تساوى جهد المولدين.

٢ – تساوى تردد المولدين.

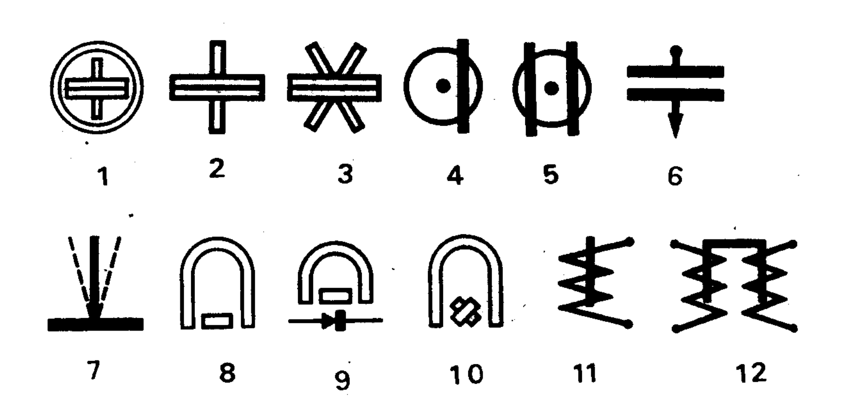
٣ – اتفاق الاختلاف الوجهى للمولدين.

ويمكن التأكد من تحقق هذه الشروط بمجموعة التزامن المعروضة فى الشكل (٢ – ١٢).

والجدير بالذكر أن أجهزة القياس تتواجد بثلاثة مقاسات وهم:

(72x72) أو (96x96) أو (144x144) وهذه الأبعاد بالمليمتر.

والشكل (٢ – ١٣) يعرض رموز التصميمات المختلفة لأجهزة القياس تبعًا للمواصفات الألمانية DIN 43802 .



الشكل (٢ – ١٣)

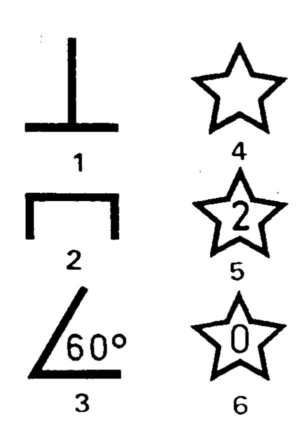
حيث إن :

جهاز كهروديناميكي بقلب معدني	1
جهاز كهروديناميكي بقلب هوائي	2
جهاز كهروديناميكي تناسبي بقلب هوائي	3
جهاز استنتاجي	4
جهاز استنتاجي تناسبي	5
جهاز كهروستاتيكي	6
جهاز بريش مهتزة	7
جهاز بملف متحرك	8
جهاز بملف متحرك وموحد	9
جهاز بملف متحرك تناسبي	10
جهاز بقلب حديدي متحرك	11
جهاز بقلب حديدي متحرك وتناسبي	12

والشكل (٢ – ١٤) يعرض الأوضاع القياسية لأجهزة القياس وجهد الاختبار لأجهزة القياس تبعًا للمواصفات الألمانية DIN 43802.

حيث إن :

وضع التشغيل رأسى	1	جهد الاختبار 500V	4
وضع التشغيل أفقى	2	جهد الاختبار أكبر من 500V	5
وضع التشغيل على زاوية °60 مع الأفقى	3	لا يختبر بأى جهد	6



الشكل (٢ – ١٤)

٢ / ٣ – محولات التيار Current transformers

تستخدم محولات التيار مع أجهزة القياس وكذلك مع ريليهات الحماية. وينصح عادة باستخدام محولات التيار فى القياس أو الحماية عندما يزيد التيار عن 40A، **ويوجد عدة مصطلحات فنية يكثر استخدامها مع محولات التيار مثل :**

– الحمل المقنن Rated burden ويكون له معامل قدرة 0.8.

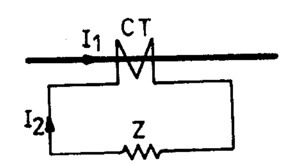
– نسبة تحويل محول التيار Current ratio. وهى النسبة بين تيار الملف الابتدائى I_1 إلى تيار الملف الثانوى I_2.

$$K_c = \frac{I_1}{I_2} \rightarrow 2.1$$

- القدرة المقننة **Rated Power**

وهى حاصل ضرب مربع التيار الثانوى فى معاوقة الحمل المقنن.

والشكل (٢ – ١٥) يبين طريقة توصيل الأحمال مع محولات تيار.



الشكل (٢ – ١٥)

وفيما يلى العلاقة بين القدرة المقننة لمحول التيار S، وتيار الثانوى I_2 ومعاوقة الحمل (Z) burden).

$$S = I_2^2 Z \ (VA) \rightarrow 2.2$$

- القسم **Class**

يعرف القسم الذى ينتمى إليه محول التيار بأنه النسبة المئوية للخطأ المتوقع عند ظروف معينة ويساوى:

$$Error\% = \frac{I_2 K_C - I_1}{I_1} \times 100 \rightarrow 2.3$$

حيث إن:

تيار الابتدائى لمحول التيار I_1	النسبة المئوية للخطأ	Error%
تيار ثانوى محول التيار I_2	نسبة تحويل محول التيار	Kc

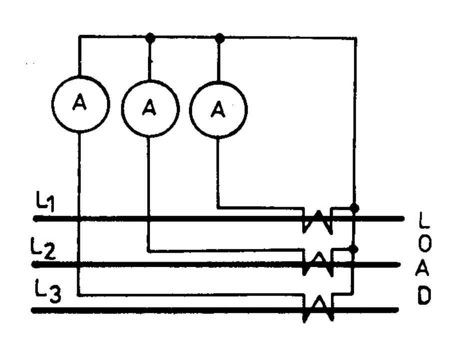
ويوجد ثلاثة أقسام لمحولات التيار وهم :

القسم (1) : ويستخدم مع أجهزة قياس Kwh (الكيلو وات ساعة) .

القسم (1) : وتستخدم مع أجهزة القياس المختلفة .

القسم (3) : وتستخدم مع الريليهات المختلفة .

والشكل (٢ – ١٦) يبين طريقة استخدام ثلاثة محولات تيار لقياس تيار الأوجه المختلفة لحمل ثلاثى الوجه .

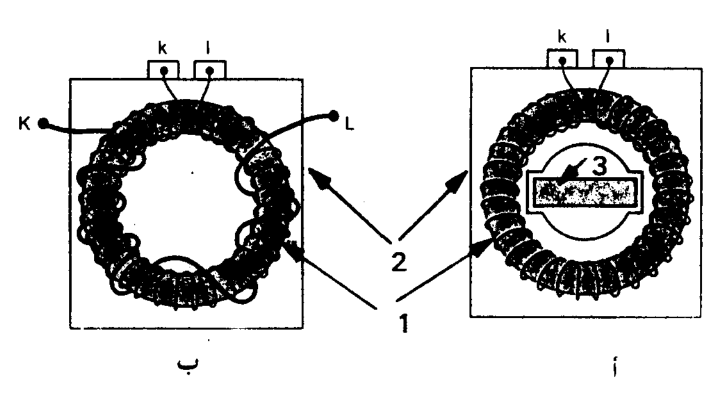


الشكل (٢ – ١٦)

ويمكن تقسيم محولات التيار تبعًا لتركيبها إلى نوعين موضحين بالشكل (٢ – ١٧) وهما كالآتى :

١ – محول تيار نوع الشباك Window type (الشكل أ) .

٢ – محول تيار من النوع الملفوف Wound-Primary (الشكل ب) .



الشكل (٢ - ١٧)

حيث إن:

القلب المغناطيسى	1	جسم المحول	2		
أطراف الملف الثانوى	R, L	القضيب النحاسى الذى يمر به التيار	3		
أطراف الملف الابتدائى	K, L				

وعادة يتم توصيل جميع أجهزة القياس أو أجهزة الحماية على التوالى مع ثانوى المحول، بحيث تكون مجموع القدرات المستهلكة لهذه الأجهزة لا يتعدى القدرة المقننة لمحول التيار، وألا يصل محول التيار لحالة التشبع فيحدث خطأ كبيرًا فى نسبة تحويل المحول.

وفيما يلى السعات المقننة لمحولات التيار الموجودة بالأسواق بالفولت أمبير

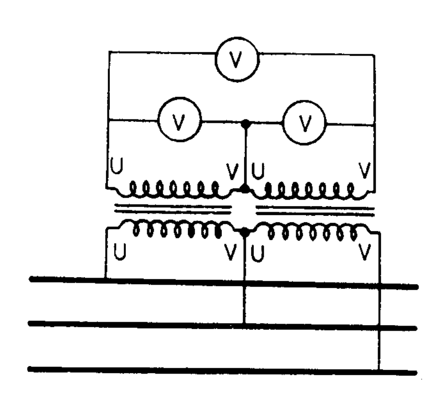
[1,1.5, 2,2.5,5,10,15, 30, 60] VA

أما التيار المقنن (تيار الثانوى) لمحولات التيار عادة تساوى 1A أو 5A أو 10A .

٢ / ٤ - محولات الجهد Voltage transformers

محولات الجهد هى محولات منخفضة القدرة؛ وتعمل عادةً عند اللاحمل وتقوم بتخفيض الجهد حتى يناسب مقننات أجهزة القياس المختلفة وريليهات الوقاية. وعادة يكون جهد ثانوى محولات الجهد 100V أو 110V أو 120V وجهد ابتدائى محولات الجهد يكون أحد الجهود التالية (100, 110, 220, 380, 400, 500, 600, 1000V).

والشكل (٢ - ١٨) يبين طريقة توصيل محولين جهد مع خرج المولد لقياس جهود الأوجه المختلفة .



الشكل (٢ - ١٨)

وفيما يلى أهم المصطلحات الفنية المستخدمة مع محولات الجهد :

- الحمل المقنن Rated burden ويكون له معامل قدره 0.8 .
- نسبة تحويل محول الجهد Voltage ratio .

وهى النسبة بين جهد الابتدائى V_1 وجهد الثانوى V_2 ويساوى :

$$Kv = \frac{V_2}{V_1} \rightarrow 2.4$$

- القدرة المقننة Rated Power .

وهى حاصل قسمة مربع جهد الثانوى V_2 على معاوقة الحمل المقنن Z .

$$S = \frac{V_2^2}{Z} \rightarrow 2.5$$

- القسم Class

يعرف القسم الذى ينتمى إليه محول الجهد بأنه النسبة المئوية للخطأ المتوقع عند ظروف معينة ويساوى :

$$Error\% = \frac{V_2Kv-V_1}{V_1} \times 100 \rightarrow 2.6$$

حيث إن :

جهد الابتدائى لمحول الجهد	V_1
جهد الثانوى لمحول الجهد	V_2
نسبة التحويل وتساوى $\frac{V_1}{V_2}$	K_v

٢ / ٥ - أجهزة القياس والمرسلات لماكينات الديزل

عادة تستخدم مجموعة من أجهزة القياس مع ماكينات الديزل وجميع هذه الأجهزة تكون بملف متحرك مثل :

١ - جهاز قياس ضغط الزيت .

٢ - جهاز قياس درجة حرارة الماء .

٣ - جهاز قياس جهد البطارية .

٤ - جهاز قياس سرعة الماكينة .

٥ - جهاز قياس درجة حرارة الزيت .

٦ - جهاز قياس تيار شحن البطارية .

٧ - عداد قياس ساعات التشغيل .

٨ - جهاز قياس مستوى الوقود فى الخزان .



الشكل (٢ – ١٩)

والشكل (٢ – ٢٠) يعرض عدة نماذج لأجهزة القياس المستخدمة مع ماكينات الديزل وهم كما يلى :

جهاز قياس ضغط الزيت (الشكل أ) .

جهاز قياس درجة الحرارة (الشكل ب) .

جهاز قياس جهد البطارية (الشكل جـ) .

عداد ساعات التشغيل (الشكل د) .

جهاز قياس سرعة الماكينة (الشكل هـ) .

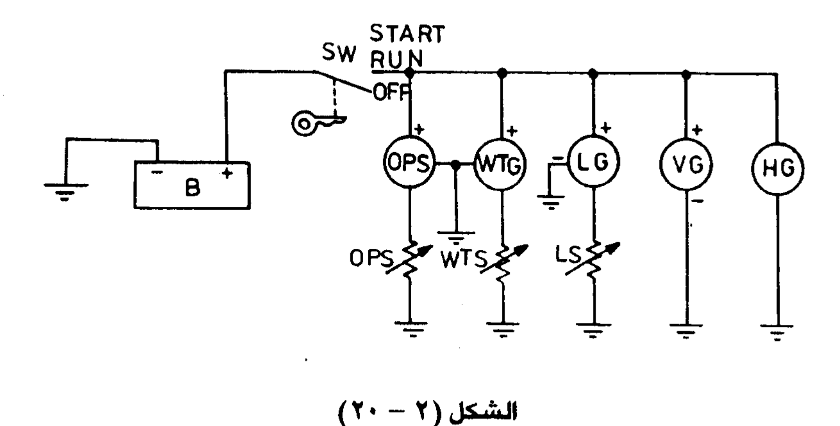
جهاز قياس مستوى الوقود فى الخزان (الشكل و) .

والجدير بالذكر أن هذه الأجهزة تحتاج لمرسلات Senders يتم تثبيتها فى الماكينة،

ويتم توصيلها مع هذه الأجهزة. والمرسلات هى مقاومات متغيرة تتغير قيمتها تبعًا للكمية المقاسة، فمثلاً: يوجد مرسل ضغط زيت يستخدم مع جهاز قياس ضغط الزيت، ويوجد أيضًا مرسل درجة حرارة الماء يستخدم مع جهاز قياس درجة حرارة الماء. ويوجد مرسل سرعة يستخدم مع جهاز قياس السرعة. ويوجد مرسل مستوى وقود يستخدم مع جهاز قياسى مستوى الوقود، أما جهاز قياس جهد البطارية أو جهاز قياس تيار شحن البطارية أو عداد ساعات التشغيل فلا تحتاج لمرسلات.

ويوجد بعض أنواع من المرسلات والمفاتيح فى آن واحد، وتكون مزودة بنقطتين أحدهما للمرسل، والثانية للمفتاح ونقطة المرسل يتم توصيلها مع جهاز القياس، فى حين أن نقطة المفتاح يتم توصيلها مع وحدة التحكم الالكترونية فى الماكينة ECU كما سيتضح فيما بعد.

والشكل (٢ - ٢٠) يعرض مخطط توصيل جهاز قياس ضغط الزيت وجهاز قياس درجة حرارة الماء، وجهاز قياس جهد البطارية وجهاز قياس مستوى الوقود فى الخزان مع المرسلات.



الشكل (٢ - ٢٠)

حيث إن:

جهاز قياس جهد البطارية	VG
جهاز قياس درجة حرارة الماء	WTG
جهاز قياس مستوى الوقود	LG
جهاز قياس ضغط الزيت	OPG
عداد ساعات التشغيل	HG
مرسل درجة حرارة الماء	WTS
مرسل ضغط الزيت	OPS
مرسل مستوى الوقود	LS
البطارية	B
مفتاح البدء والتشغيل	SW

وعادة يستخدم مجس سرعة Magnetic Pick Up، مع ماكينات الديزل المستخدمة فى إدارة المولدات، وهو عبارة عن ملف كهربى يثبت فى جسم الماكينة، ويكون فى مقابله الطارة الحدافة Fly Wheel، والتى تكون مسننة بعدد من الأسنان، يتراوح ما بين سنة، (100:146) وعند دوران الماكينة يتولد جهد متردد فى ملف المجس تردده يساوى:

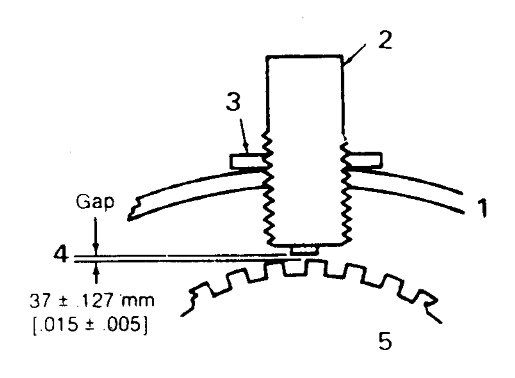
$$F = \frac{n \times N}{60} \quad HZ \rightarrow 2.7$$

عدد أسنان الطارة الحدافة	n
سرعة دوران الماكينة باللفة / دقيقة	N
التردد بالهيرتز	F

والشكل (٢ – ٢١) يوضح طريقة تثبيت مجس السرعة فى جسم الماكينة .

حيث إن :

جسم الماكينة	1
مجس السرعة	2
وردة	3
فجوة هوائية تتراوح ما بين (0.37± 0.127 mm)	4
طارة حدافة	5



الشكل (٢ – ٢١)

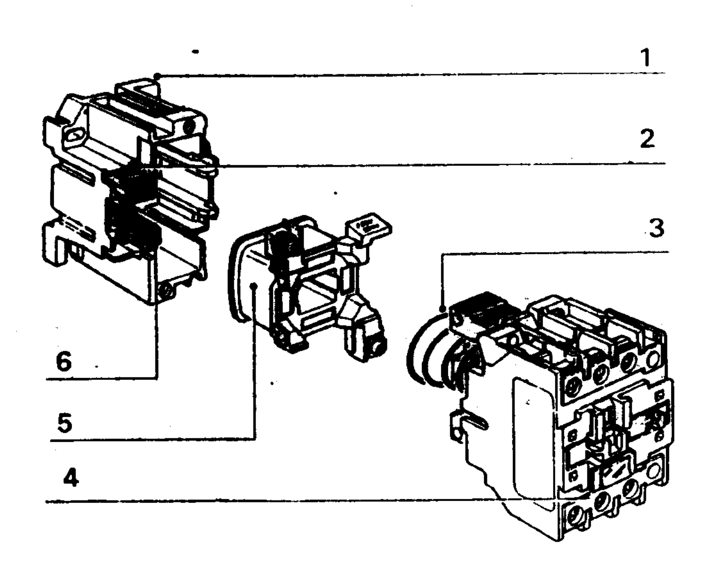
الباب الثالث

دوائر التحكم التقليدية

دوائر التحكم التقليدية

٣ / ١ - المفاتيح الكهرومغناطيسية Electromagnetic switches

يتكون المفتاح الكهرومغناطيسى بصفة عامة من قلب مغناطيسى مصنوع من رقائق من الصلب السليكونى المعزولة؛ علمًا بأن هذا القلب مشوق لشقين أحدهما ثابت، والآخر متحرك. ويوجد حول الشق الثابت ملف كهربى، أما الشق المتحرك فيحمل ريش التلامس للمفتاح. والشكل (٣ - ١) يبين تركيب كونتاكتور Contactor من إنتاج شركة Telemecanique الفرنسية.



الشكل (٣ - ١)

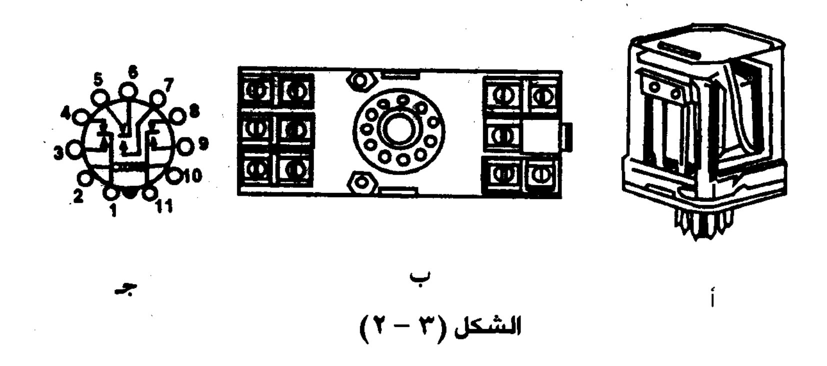
حيث إن:

قاعدة تثبيت الشق الثابت للقلب المغناطيسى	1
الشق الثابت للقلب المغناطيسى	2
ياى الإرجاع	3

غلاف يحتوى على الشق المتحرك للقلب المغناطيسى والريش الثابتة والمتحركة	4
ملف التشغيل	5
حلقة نحاس	6

والجدير بالذكر أن المفتاح الكهرومغناطيسى يطلق على الكونتاكتور Contactor وكذلك الريلاى Relay؛علماً بأن الفرق الجوهرى بين الكونتاكتور والريلاى هو أن الكونتاكتور يكون مزوداً بريش رئيسية (أقطاب) Poles قادرة على تحمل تيارات عالية عند وصل وفصل الأحمال الكهربية مثل: المحركات الكهربية بالإضافة إلى بعض ريش التحكم والمستخدمة فى عمليات التحكم والتى ستتضح فيما بعد . أما الريلاى الكهرومغناطيسى فجميع ريشه تكون ريش تحكم فقط وأقصى تيار تتحمله 10A .

والشكل (٣ – ٢) يعرض صورة لريلاى كهرومغناطيسى (الشكل أ) وقاعدته (الشكل ب) ومخطط توصيله (الشكل جـ) .

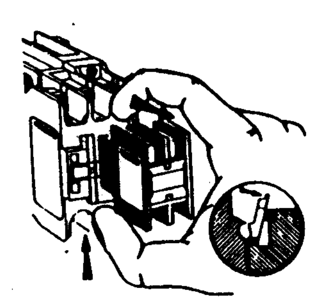


الشكل (٣ – ٢)

ويلاحظ أن أطراف ملف الريلاى هما : 10 و 2، وأطراف الريشة القلابة الأولى هم (1 - 3 - 4) وأطراف الريشة القلابة الثانية هم: (11 - 9 - 8) وأطراف الريشة القلاب الثالثة هم: (7 -6 -5) .

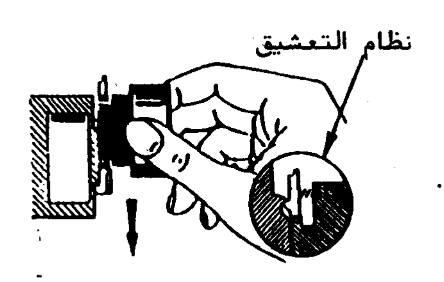
والجدير بالذكر أن الكونتاكتورات المتوفرة فى الأسواق تحتوى عادة على ريشة أو

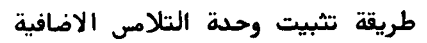
ريشتين إضافيتين، ويمكن زيادة عدد الريش الإضافية (ريش التحكم) للكونتاكتور بإضافةوحدة ريش إضافية للكونتاكتور، إما على وجه الكونتاكتور، أو فى جانب الكونتاكتور. والشكل (٣ - ٣) يوضح طريقة نزع وحدة ريش إضافية وجهية (الشكل أ)، وكذلك طريقة تثبيت وحدة ريش إضافية وجهية (الشكل ب).



طريقة نزع وحدة التلامس الاضافية

أ





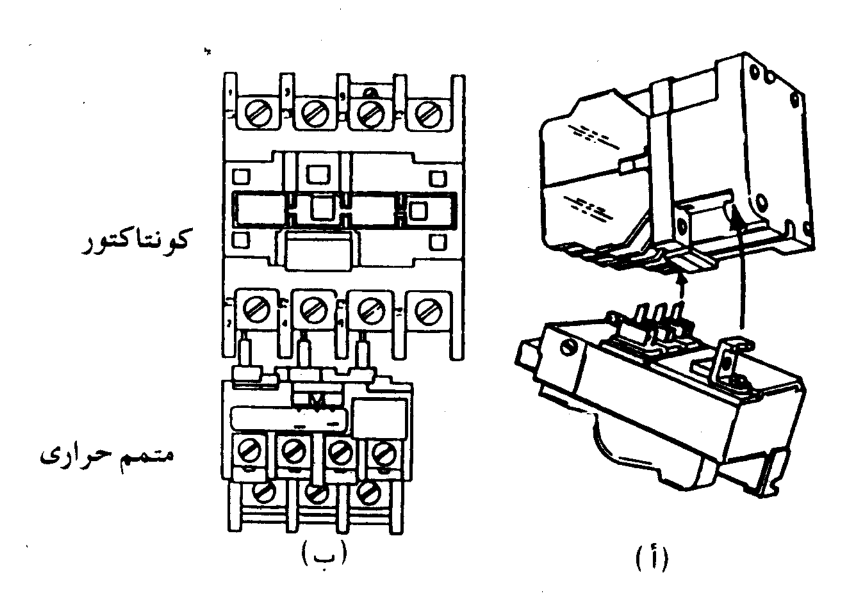
طريقة تثبيت وحدة التلامس الاضافية

ب

الشكل (٣ - ٣)

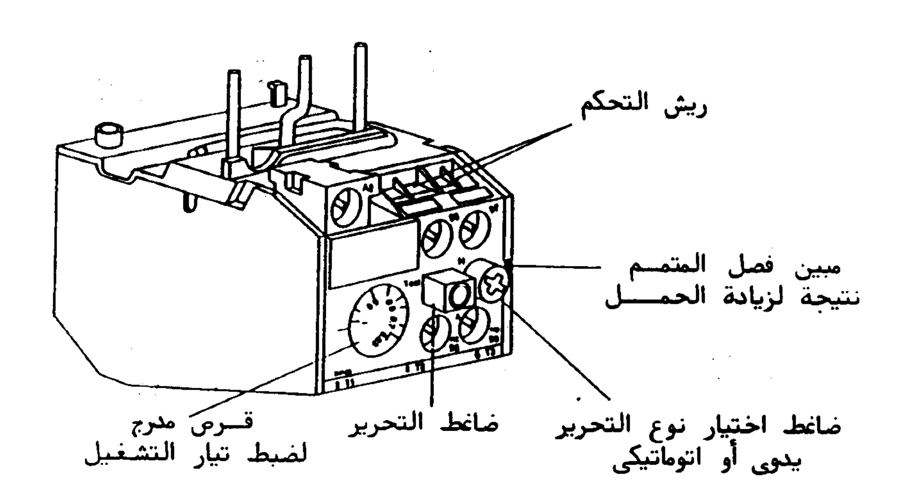
٣ / ٢ - المتممات الحرارية Thermal O. L'S

تستخدم المتممات الحرارية لحماية المحركات الكهربية من زيادة الحمل، وتثبت المتممات الحرارية أسفل الكونتاكتورات، كما توصل معها كهربيًا. والشكل (٣ - ٤) يعرض شكلاً توضيحيًا يبين كيفية تثبيت متمم حرارى مع كونتاكتور (الشكل أ). أما الشكل ب) فيعرض مخططًا توضيحيًا لكونتاكتور مع متمم حرارى بعد التثبيت.



الشكل (٣ – ٤)

والشكل (٣ – ٥) يعرض مخططًا توضيحيًا لمتمم حرارى من إنتاج شركة Siemens الألمانية.

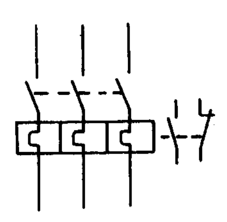


الشكل (٣ – ٥)

حيث إن :

ريش التحكم	1
مبين فصل المتمم نتيجة لزيادة الحمل	2
ضاغط اختيار نوع التحرير (يدوى- ذاتى)	3
ضاغط تحرير المتمم الحرارى	4
قرص مدرج لضبط تيار الفصل	5

وفيما يلى رمز كونتاكتور موصل مع متمم حرارى (ألمانى- عالمى) :



٣ / ٣ - المؤقتات الزمنية Timers

يوجد أنواع مختلفة من المؤقتات الزمنية مثل : المؤقتات الالكترونية- المؤقتات ذات المحرك- المؤقتات الهوائية .

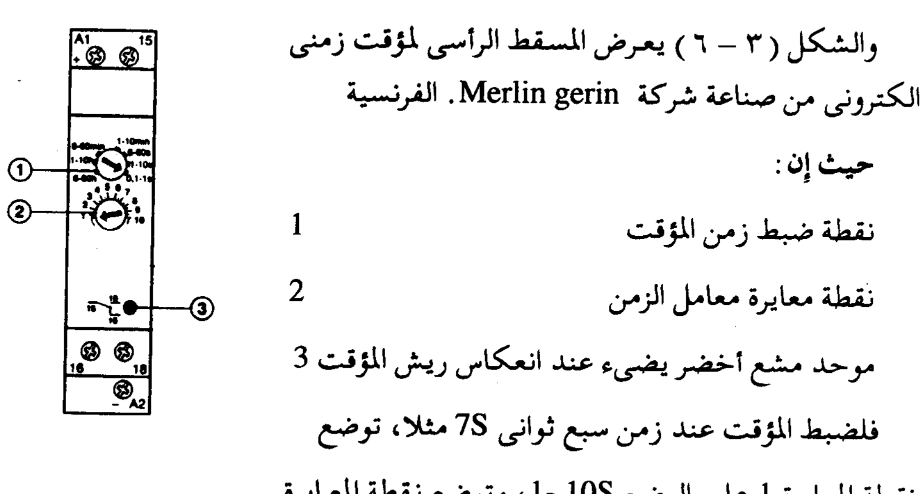
وسوف نتناول فى هذه الفقرة ا لمؤقتات الالكترونية فقط ، وتنقسم بدورها إلى عدة أنواع أهمها :

١- المؤقت الزمنى الذى يؤخر عند التوصيل On delay Timer . فعند اكتمال مسار التيار لملف المؤقت ينعكس وضع ريش تلامس المؤقت بعد تأخير زمنى مقداره t، فتصبح ريش المؤقت المفتوحة طبيعيًا N O مغلقة، وريش المؤقت المغلقة طبيعيًا NC مفتوحة . وبمجرد انقطاع مسار التيار لملف المؤقت تعود ريش المؤقت لوضعها الطبيعى .

٢- المؤقت الزمنى الذى يؤخر عند الفصل OFF delay Timer . فعند توصيل ملف

المؤقت بالمصدر الكهربى تنعكس أوضاع ريش المؤقت فى الحال، ولكن عند انقطاع مسار التيار الكهربى لملف المؤقت وبعد تأخير زمنى t تعود ريش المؤقت الزمنى لوضعها الطبيعى.

والشكل (٣ – ٦) يعرض المسقط الرأسى لمؤقت زمنى الكترونى من صناعة شركة Merlin gerin. الفرنسية



الشكل (٣ – ٦)

حيث إن:

نقطة ضبط زمن المؤقت 1

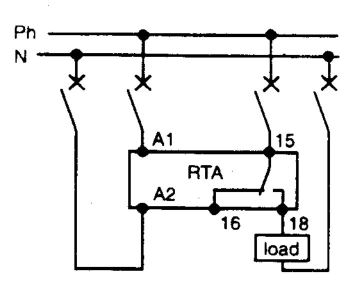
نقطة معايرة معامل الزمن 2

موحد مشع أخضر يضيء عند انعكاس ريش المؤقت 3

فلضبط المؤقت عند زمن سبع ثوانى 7S مثلا، توضع نقطة المعايرة 1 على الوضع 1- 10S، وتوضع نقطة المعايرة 2 على الوضع 7.

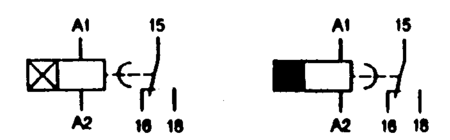
أما الأطراف A2 و A1 فهى أطراف ملف المؤقت والأطراف (18 -16 -15) لريشة قلاب.

والشكل (٣ – ٧) يبين طريقة توصيل المؤقت الزمنى مع المصدر الكهربى وكذلك مع الحمل Load.



الشكل (٣ – ٧)

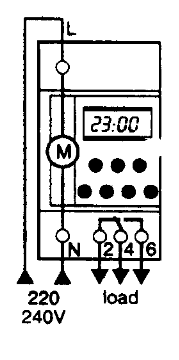
وفيما يلى رمز مؤقت زمنى يؤخر عند التوصيل (1)، ورمز مؤقت زمنى يؤخر عند الفصل 2.



مؤقت يؤخر عند التوصيل مؤقت يؤخر عند الفصل

٣- المؤقتات الزمنية المبرمجة Programmable Times، وتستخدم هذه المؤقتات للتحكم فى وصل وفصل دائرة كهربية خلال ساعة معينة فى يوم معين كل أسبوع أو كل شهر أو كل سنة. ويستخدم هذا النوع من المؤقتات فى تشغيل ماكينات الديزل لوحدات التوليد خلال وقت معين كل أسبوع من أجل المحافظة على ماكينات الديزل.

والشكل (٣ - ٨) يعرض مخطط توصيل مؤقت زمنى مزود بمحرك تزامنى داخلى M من إنتاج شركة Merlin Gerin الفرنسية، ويعمل عند جهد 220/240V عند تردد 50/60HZ، ويمكن برمجته بعدد من مواضع التشغيل تصل إلى 42 موضعًا خلال دورة التشغيل التى تصل إلى أسبوع.



الشكل (٣ - ٨)

٣ / ٤ - الضواغط والمفاتيح Push buttons & Switches

يستخدم العديد من الضواغط مع وحدات التوليد العاملة بماكينات الديزل مثل:

١ - ضاغط اختبار اللمبات Lamp test Button.

٢ - ضاغط الطوارئ Emergency Button.

٣ - ضاغط تحرير المشكلة Reset Push Button.

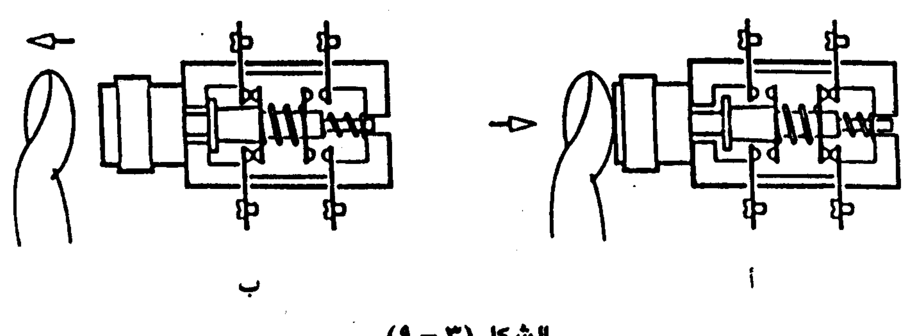
٤ - ضاغط معرفة المشكلة Accept Push Button.

٥ - ضاغط التشغيل اليدوى On Push Button.

٦ – ضاغط الإيقاف اليدوى OFF Push Button.

وعادة يكون الضاغط مزود بريشة مفتوحة NO وإخرى مغلقة NC.

والشكل (٣ – ٩) يعرض ضاغط مزود بريشة مفتوحة NO، وأخرى مغلقة NC أثناء الضغط اليدوى عليه (الشكل أ)، وأثناء إزالة الضغط عنه (الشكل ب).



الشكل (٣ – ٩)

ويلاحظ أنه عند الضغط على الضاغط تتغير حالة ريش الضاغط فتغلق الريشة المفتوحة، وتفتح الريشة المغلقة، وبمجرد إزالة الضغط عن الضاغط تعود ريش الضاغط لوضعها الطبيعى.

أما المفاتيح المستخدمة مع وحدات التوليد العاملة بماكينات الديزل فيوجد منها نوعان وهما:

١ – مفتاح انضغاطى يشبه الضاغط، ولكن يكون له وضعان، فعند الضغط عليه تتغير حالة ريشه، وتظل ريشه فى حالة تغير إلى أن يتم الضغط عليه مرة أخرى فتعود ريشه لوضعها الطبيعى.

٢ – مفتاح بمفتاح قفل Key وهو يشبه الضاغط، ولكن يتغير وضع ريشه وذلك بمفتاح القفل.

٣ – مفتاح بيد دوارة Rotary handle ويكون له عدة أوضاع وعدد هذه الأوضاع تختلف من مفتاح لآخر تبعًا لوظيفة المفتاح، فمفتاح التحكم فى طريقة

التشغيل (Aut - Man - Off) يكون له ثلاثة أوضاع، ومفتاح اختيار الأميتر Ammeter selector switch يكون له أربعة أوضاع (0- L1- L2- L3)، ومفتاح اختيار الفولتميتر Voltmeter selector switch يكون له ستة أوضاع وهم: (0 - L1L2 - L1L3 - L2L3-L1N - L2N - L3N) ومفتاح اختيار الأميتر والفولتميتر يكون له سبعة أوضاع وهم:

(0 - L1L2 - L1L3 - L2L3 - ϕ1- ϕ2- ϕ3) والشكل (٣ – ١٠) يعرض الرموز العالمية والألمانية لعدة نماذج مختلفة من الضواغط والمفاتيح، وكذلك رمز لمبة البيان.

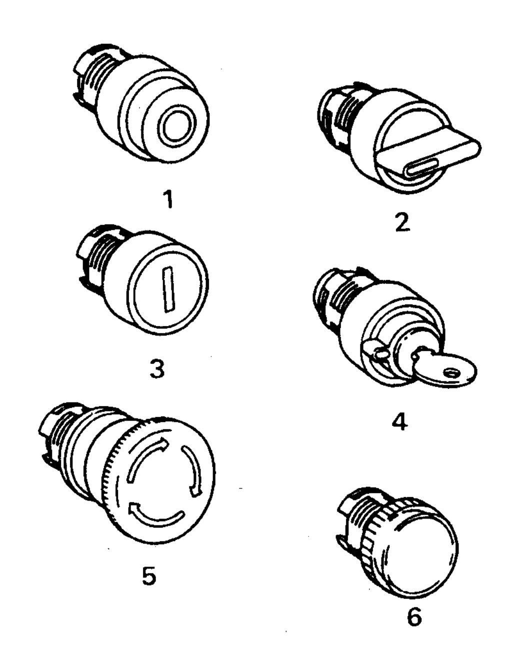
لمبة بيان ضاغط طوارئ مفتاح بوضعين مفتاح بثلاثة مواضع

بوق مفتاح انضغاطي مفتاح يدوى بمفتاح قفل ضاغط يدوى

الشكل (٣ – ١٠)

والجدير بالذكر أن لون ضاغط الإيقاف عادة أحمر، وضاغط التشغيل لونه أخضر، وضاغط الطوارئ لونه أحمر، لكنه عند الضغط عليه يحدث له إمساك فى وضع الانضغاط ولا يعود لوضعه الطبيعى إلا بعد إدارته فى اتجاه عقارب الساعة.

والشكل (٣ – ١١) يعرض رءوس كلٍّ من ضاغط إيقاف (1)، ومفتاح بيد دوارة (2)، وضاغط تشغيل (3) ومفتاح بمفتاح قفل (4)،وضاغط طوارئ (5)، ولمبة بيان (6).

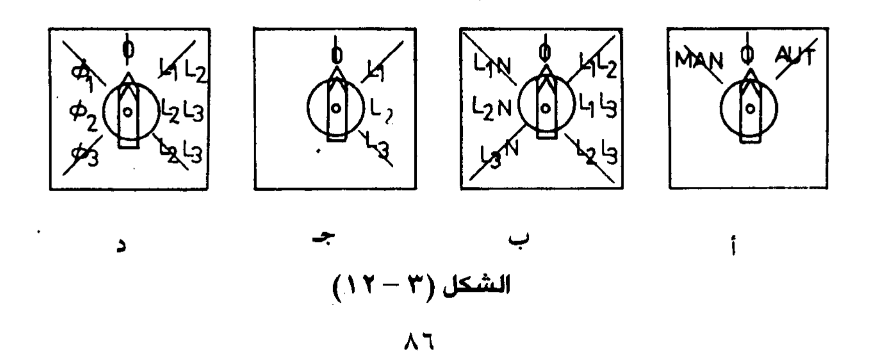


الشكل (٣ – ١١)

والشكل (٣ – ١٢) يعرض المسقط الرأسى لمفتاح وظيفة (Man - O - Aut)، ومفتاح اختيار فولتميتر بسبعة أوضاع وهم : -(L3N - L2 N- L1N- 0 - L2L3- L1L3- L1L2)

ومفتاح اختيار أميتر بأربعة أوضاع وهم : (0 - L1 - L2 - L3) ومفتاح اختيار أميتر وفولتميتر بسبعة أوضاع وهم :

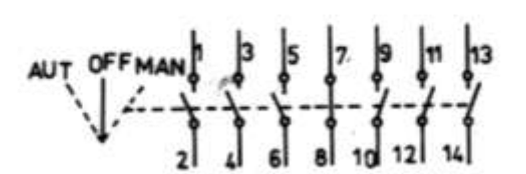
.(ϕ1 - ϕ2 - ϕ 2 - 0 - L1 L2 - L2L3 - L1L3)



أ ب جـ د

الشكل (٣ – ١٢)

والشكل (٣ – ١٣) يبين ريش أحد أنواع مفاتيح الوظيفة (الشكل أ)، وجدول الوظيفة (الشكل ب). علماً بأن X تعنى غلق الريشة، وبدون تعنى فتح الريشة. ففى وضع Man تكون الريش 6 - 5 ,4 - 3 ,2 - 1 مغلقة، وفى وضع OFF تكون الريشة 8 - 7 مغلقة وفى وضع Aut تكون الريش 10 - 9 ,12 - 11 ,14 - 13 مغلقة.



CONTACT	MAN	OFF	AUT
1-2	X		
3-4	X		
5-6	X		
7-8		X	
9-10			X
11-12			X
13-14			X

ب

الشكل (٣ – ١٣)

والشكل (٣ – ١٤) يبين ريش مفتاح اختيار أميتروفولتميتر (الشكل أ) وجدول الوظيفة له (الشكل ب).

حيث إن :

[X] الريشة مغلقة.

[ ] الريشة مفتوحة.

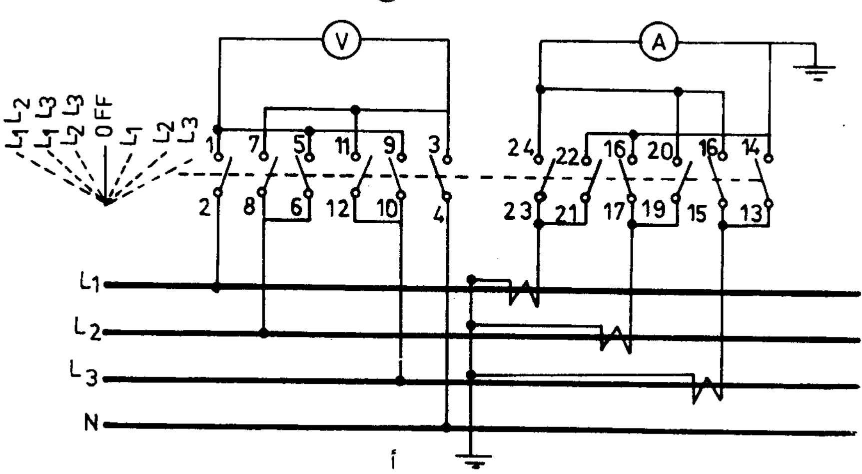
[X][X] الريشة مغلقة فى وضعين متتاليين، وتصبح الريشة مفتوحة عند الانتقال من الوضع الأول للثانى.

[x┼x] الريشة مغلقة فى وضعين متتالين مع بقائها مغلقة أثناء الانتقال.

[┼x] الريشة مفتوحة وتغلق متأخراً عند الانتقال للوضع الثانى.

[x┼] الريشة مغلقة وتفتح متأخراً عند الانتقال للوضع الثانى.

[X] الريشة مغلقة عند الوضع الانتقالى فقط.



أ

CONTACT	L1 L2	L1 L3	L2 L3	OFF	L1	L2	L3
1-2	X	X					
7-8	X						
5-6			X				
11-12		X	X				
9-10							
3-4							
24-23					X—X		
22-21					X X		
16-17						X X	
20-19						X—X	
16-15							X—X
14-13							X X

ب

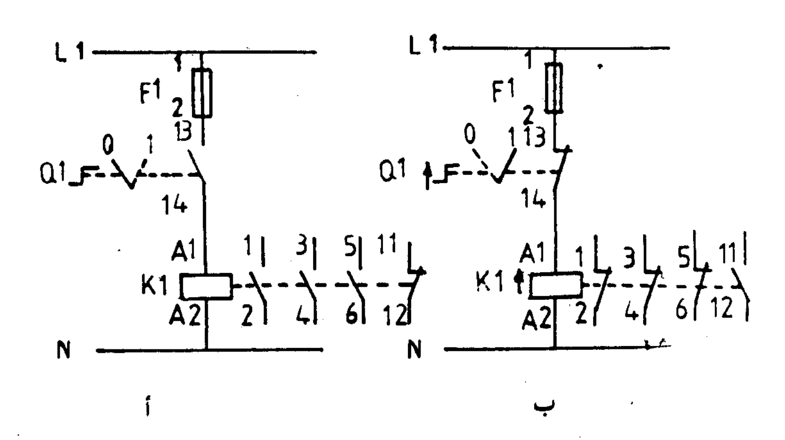
الشكل (٣ - ١٤)

٣ / ٥ - نظرية تشغيل الكونتاكتور أو الريلاى الكهرومغناطيسى

يمكن تشغيل الكونتاكتور أو الريلاى بمفتاح له وضعى تشغيل أو بضاغط تشغيل يدوى، ولكل طريقة تشغيل خصائص ستتضح فى الفقرات التالية.

٣ / ٥ / ١ - التشغيل والفصل بمفتاح تشغيل له وضعى تشغيل

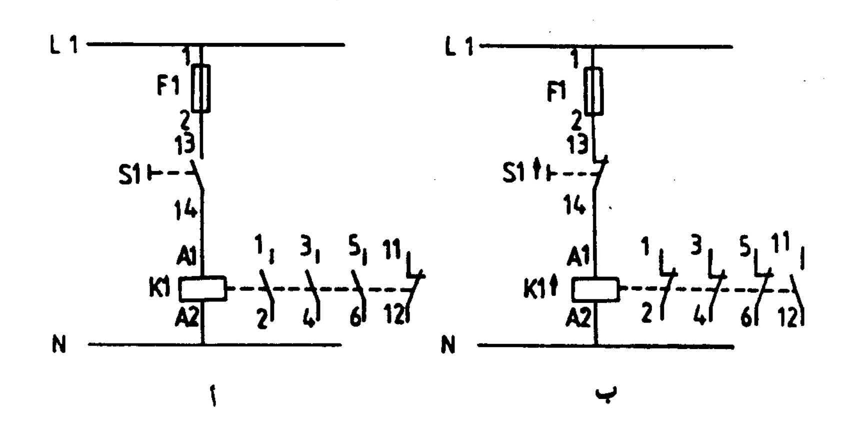
الشكل (٣ - ١٥) يعرض دائرة تحكم تحتوى على ملف الكونتاكتور K_1، ومفتاح التشغيل Q_1، ومصهر الحماية F_1. (فالشكل أ) يعرض دائرة التحكم فى الحالة المعتادة وذلك فى حالة وضع المفتاح Q_1 على وضع 0. بينما (الشكل ب) يعرض دائرة التحكم عندما يكون المفتاح Q_1 على وضع 1، وفى هذا الوضع فإن ريشة المفتاح Q_1 المفتوحة ستصبح مغلقة، وبالتالى يكتمل مسار التيار لملف الكونتاكتور K_1، فتتمغنط وينجذب الشق المتحرك للقلب المغناطيسى تجاه الشق الثابت، ويتغير وضع ريش التلامس للكونتاكتور، ويقال إن الكونتاكتور فى حالة تشغيل وتصبح الأقطاب الرئيسية للكونتاكتور مغلقة بدلاً من مفتوحة، ويتغير وضع ريش التحكم للكونتاكتور فتصبح الريش المفتوحة طبيعيا NO مغلقة والعكس بالعكس، علماً بأن الكونتاكتور K_1 يظل على هذه الحالة إلى أن يتم إعادة المفتاح Q_1 إلى وضع 0، فينقطع مسار التيار لملف الكونتاكتور، وتعود ريش التلامس (الرئيسية - التحكم) لوضعها الطبيعى،ويقال إن الكونتاكتور فى حالة OFF.



الشكل (٣ - ١٥)

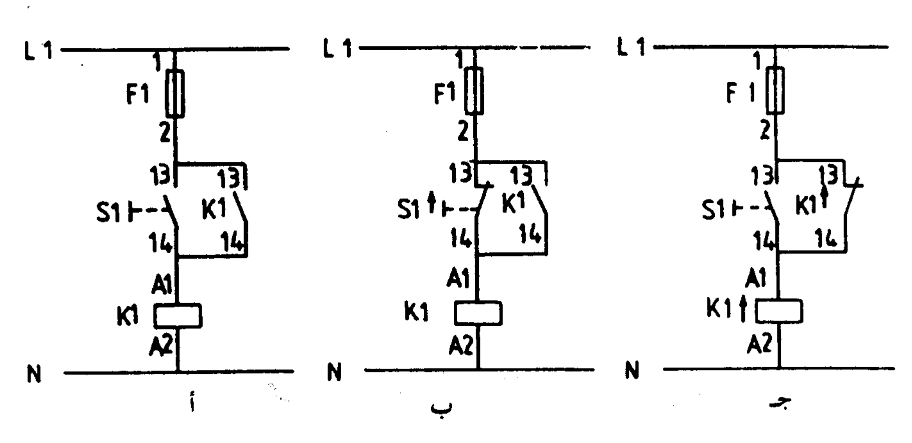
٣ / ٥ / ٢ - التشغيل والفصل بضاغط يدوى

الشكل (٣ - ١٦) يعرض دائرة التحكم لتشغيل الكونتاكتور K1 باستخدام الضاغط اليدوى S1، (فالشكل أ) يعرض دائرة التحكم فى الحالة الطبيعية، بينما يعرض (الشكل ب) دائرة التحكم عندما يكون الضاغط S1 تحت تأثير ضغط يدوى والفرق بينهما يشبه تماماً الفرق بين الشكل (٣ - ١٥أ) والشكل (٣ - ١٥ب)، ولكن مع استمرار الضغط على الضاغط S1.



الشكل (٣ - ١٦)

وحتى يمكن التغلب على مشكلة الضغط المستمر على الضاغط S1 للمحافظة على حالة الكونتاكتور K1، فى حالة وصل ON يمكن استخدام ريشة تحكم من الكونتاكتور K1، حيث توصل هذه الريشة بالتوازى مع الضاغط S1، كما بالشكل (٣ - ١٧)، ففى (الشكل أ) دائرة التحكم للكونتاكتور K1: بضاغط تشغيل يدوى K1 ، وريشة إبقاء ذاتى K1 فى الحالة الطبيعية (بدون توصيل الكهرباء)، وفى (الشكل ب) دائرة التحكم، ولكن عند توصيل التيار الكهربى والضغط على الضاغط اليدوى S1، وفى (الشكل جـ) دائرة التحكم لحظة تحرير الضاغط اليدوى S1، ويتضح من ذلك أن ريشة التحكم K1 عملت على الإبقاء الذاتى لمرور التيار الكهربى بملف الكونتاكتور بعد إزالة الضغط عن الضاغط S1.



الشكل (٣ – ١٧)

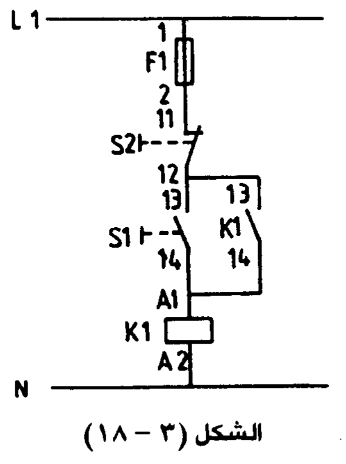
ولكن بهـذه الطريقـة ظهـرت مـشكلة وهى عـدم إمكانيـة فصل الكونتـاكـتـور، وللتـغلب على هـذه المشكلة يضـاف ضـاغـط آخـر للإيقاف كـمـا هو مـوضـح بالشكل (٣ – ١٨).

حيث إن:

ضاغط التشغيل S_1

ضاغط الإيقاف S_2

ريشة الإبقاء الذاتى لمسار التيار 14 - 13 / K_1 وهى أحد ريش التحكم للكونتاكتور K_1.



الشكل (٣ – ١٨)

٣ / ٦ - تشغيل وإيقاف محرك استنتاجي ثلاثي الأوجه

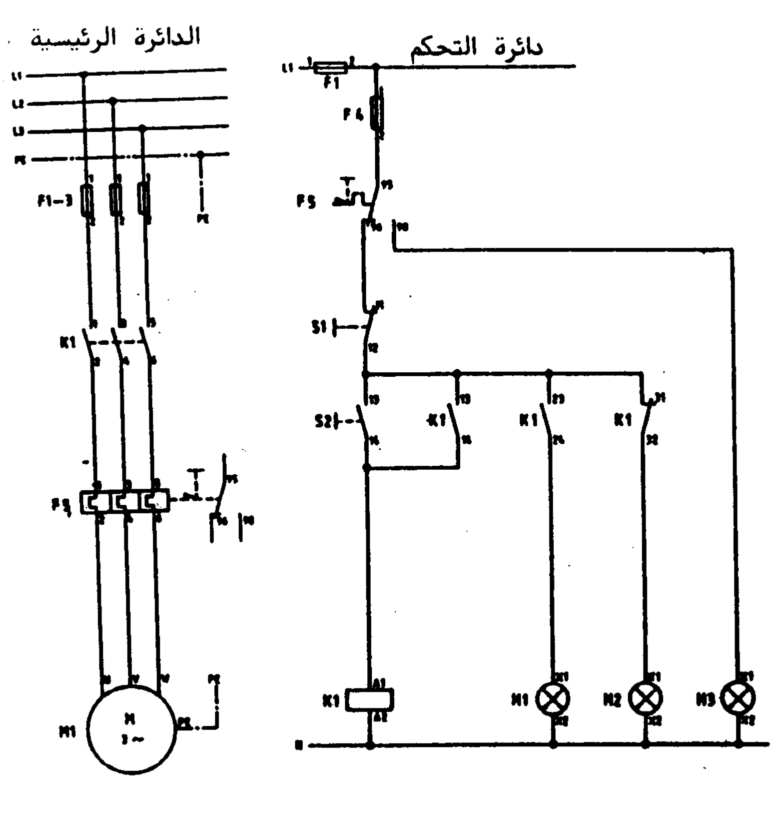
الشكل (٣ – ١٩) يعرض المخطط الكهربي لتشغيل محرك استنتاجي ثلاثي الوجه.

نظرية التشغيل:

عند الضغط على الضاغط S_2 للحظة تنغلق الريشة 14 - 31 /S_2، فيكتمل مسار تيار الكونتاكتور K_1، ويعمل الكونتاكتور ويغلق أقطابه الرئيسية الموجودة فى الدائرة الرئيسية ويدور المحرك، وكذلك تنغلق الريشة 14 - $K_1/13$ الموجودة فى دائرة التحكم فيحدث إمساك ذاتى لمسار التيار عندما يزال الضغط عن الضاغط S_1، وتضىء اللمبة H_1 نتيجة لغلق الريشة 24 - $K_1/23$. ويمكن إيقاف المحرك بالضغط على الضاغط S_1 للحظة، فينقطع مسار تيار ملف الكونتاكتور K_1، فتعود الريش الرئيسية والريش المساعدة للكونتاكتور لوضعها الطبيعى ويتوقف المحرك. وبعد إزالة الضغط عن S_1 تعود الريشة 12 - $S_1/11$ مغلقة مرة أخرى فتضئ اللمبة H_3 لتدل على أن المحرك متوقف.

وإذا حدث زيادة فى الحمل على المحرك أثناء دورانه، يقوم المتمم الحرارى F_5 بعكس حالة ريشة فتصبح الريشة 96 - $F_5/95$ مفتوحة، فينقطع مسار التيار عن K_1، وفى نفس الوقت تغلق الريشة 98 - $F_5/95$ فيكتمل مسار التيار للمبة الخطأ H_3، وتضىء دلالة على أن المحرك فصل نتيجة لزيادة الحمل عليه.

ولتحرير المتمم الحرارى نقوم بالضغط على ضاغط تحريره فتعود الريشة القلاب للمتمم الحرارى 98 - 96 - $F_5/95$ لوضعها الطبيعى الموضح بدائرة التحكم.



الشكل (٣ - ١٩)

٣ / ٧ - أجهزة البيان والإنذار

يوجد عدة أنواع من أجهزة البيان المستخدمة مع المولدات مثل :

١ - لمبات البيان Indication Lamps.

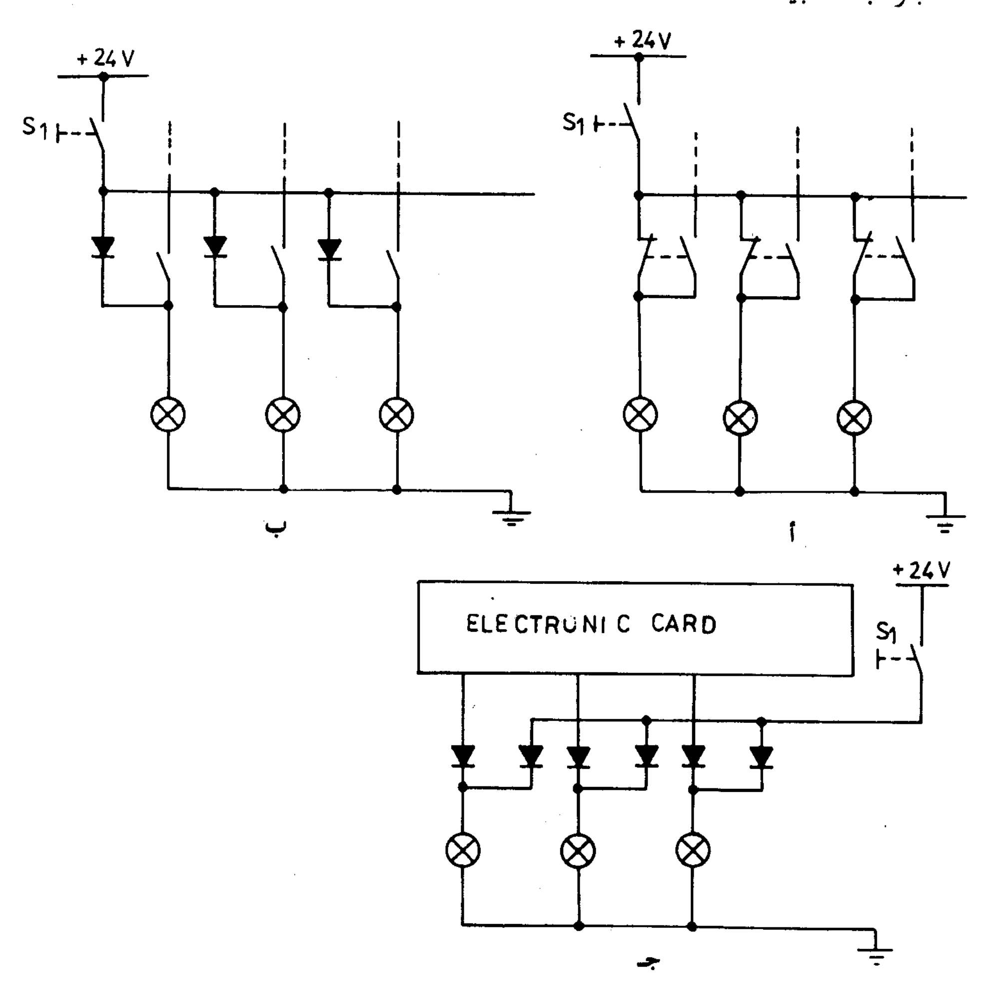
٢ - لمبات الإنذار الدوارة.

٣ - أبواق وسراين الإنذار Horns & Sirens.

٣ / ٧ / ١ - دوائر اختبار لمبات البيان

وعادة تزود وحدات التوليد العاملة بماكينات الديزل بدوائر اختبار لمبات البيان للتأكد من أن جميع اللمبات صالحة، وذلك من أجل تجنب البيان الكاذب الناتج عن

احتراق أحد اللمبات. والشكل (٣ - ٢٠) يعرض ثلاث دوائر مختلفة تستخدم لاختبار لمبات البيان.



الشكل (٣ - ٢٠)

ففي (الشكل أ) يتم توصيل ريشة مغلقة وأخرى مفتوحة من الريلاى الذى سيتحكم فى تشغيل لمبة البيان، فعند الضغط على ضاغط اختبار اللمبات S1، يعبر التيار الكهربى عبر الريش المغلقة، وبالتالى يكتمل مسارتيار اللمبات السليمة ومن ثم تضىء.

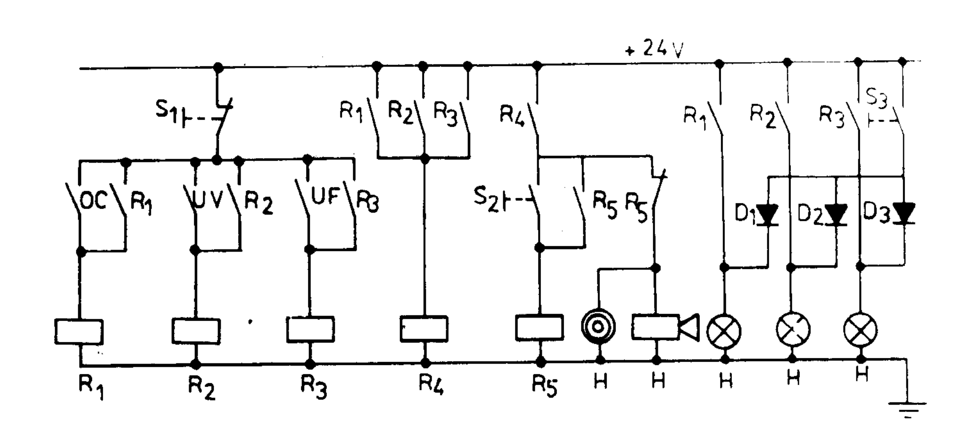
وفى (الشكل ب) يتم توصيل موحد Diode مع كل لمبة بيان، وتوصل جميع الموحدات مع ضاغط اختبار اللمبات S1، حيث تسمح الموحدات بمرور التيار القادم من ضاغط الاختبار S1، فتضىء لمبات البيان السليمة ولا تسمح الموحدات بالارتداد العكسى للتيار من أحد لمبات البيان المضيئة أثناء التشغيل العادى إلى باقى لمبات البيان.

وفى (الشكل جـ) عند الضغط على ضاغط اختبار اللمبات S1، يمر التيار الكهربى عبر ضاغط الاختبار، ثم عبر موحدات الاختبار (الموصلة مع ضاغط الاختبار) فتضىء جميع لمبات البيان السليمة، وتمنع الموحدات الموصلة مع الدائرة الالكترونية Electronic Card ارتداد الجهد إلى الدائرة الالكترونية أثناء الاختبار.

علماً بأنه يجب استبدال لمبات البيان التى لم تضىء أثناء الاختبار بأخرى جديدة.

٣ / ٧ / ٢ – دوائر الإنذار الصوتى والضوئى

الشكل (٣ – ٢١) يعرض دائرة إنذار صوتى وضوئى مبسطة لمولد تعمل عند انخفاض الجهد أو التردد، أو زيادة تيار المولد باستخدام لمبات البيان.



الشكل (٣ – ٢١)

حيث إن :

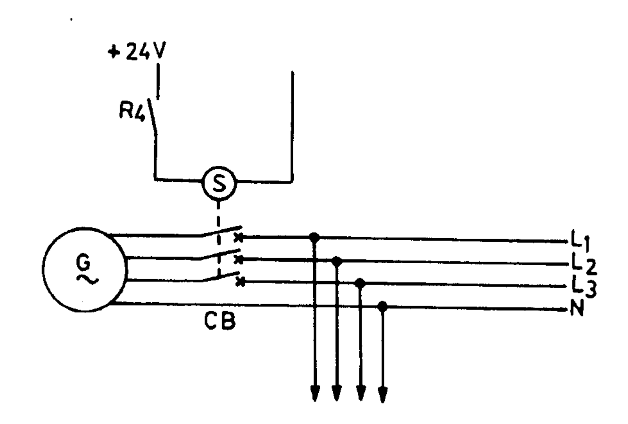
ضاغط التحرير	S_1
ضاغط المعرفة	S_2
ضاغط اختبار اللمبات	S_3
ريشة من ريلاى زيادة التيار	OC
ريشة من ريلاى انخفاض الجهد	UV
ريشة من ريلاى انخفاض التردد	UF
ريلاى إضافى يعمل عند زيادة التيار	R_1
موحدات	D_1 - D_3
ريلاى إضافى يعمل عند انخفاض الجهد	R_2
ريلاى إضافى يعمل عند انخفاض التردد	R_3
ريلاى الإنذار العام	R_4
ريلاى المعرفة	R_5
لمبة إشارة وماضة	H_1
بوق الإنذار الصوتى	H_2
لمبة بيان زيادة التيار	H_3
لمبة بيان انخفاض الجهد	H_4
لمبة بيان انخفاض التردد	H_5

نظرية التشغيل :

لنفرض أن أحمال المولد قد زادت عن المسموح به، الأمر الذى سيؤدى لزيادة التيار المسحوب من المولد، فيعمل ريلاى زيادة التيار OC، فيغلق ريشته المفتوحة، ومن ثم يعمل الريلاى الإضافى R_1، فيغلق ريشته المفتوحة الموصلة مع ملف

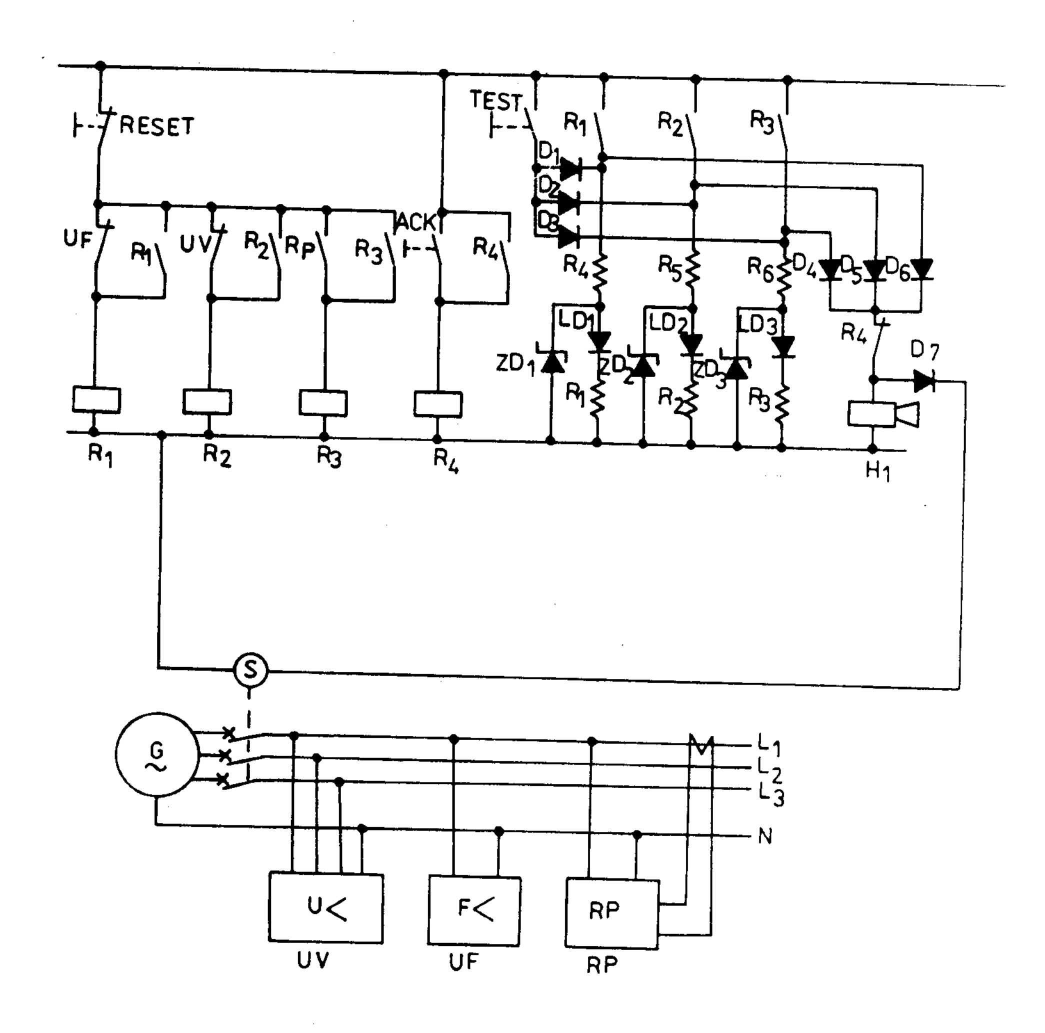
الريلاى R4 فيكتمل مسار التيار للريلاى R4، ويعمل ويغلق ريشته المفتوحة طبيعياً والموصلة مع H1 , H2 فتضئ لمبة الإشارة الوماضة H1، وكذلك يعمل البوق H2 فينتبه المشغل ويضغط على ضاغط المعرفة S2 فيعمل ريلاى المعرفة R5 ويفتح ريشته المغلقة طبيعياً والموصلة مع H1, H2، فيسكت البوق وتنطفئ لمبة الإشارة الوماضة، وعندما يدقق المشغل فى لوحة التحكم لوحدة التوليد سيجد أن لمبة البيان H3 مضيئة، فيعرف أن سبب هذا الإنذار هو زيادة الحمل على المولد فيبحث عن سبب المشكلة، وبعد إزالة أسباب المشكلة يقوم المشغل بالضغط على ضاغط التحرير S1 فينقطع مسار تيار الريلاى الإضافى R1، وتعود الدائرة لوضعها الطبيعى، وتنطفئ لمبة البيان H3 وهكذا مع باقى الأخطاء (انخفاض الجهد والتردد) .

والشكل (٣ - ٢٢) يبين دائرة فصل أطراف المولد عن الحمل عند عمل ريلاى الخطأ العام R4 بواسطة موديول فصل التوازى للقاطع (S) Shunt module .



الشكل (٣ - ٢٢)

والشكل (٣ - ٢٣) يعرض دائرة إنذار صوتى وضوئى مبسطة لمولد تعمل عند انخفاض الجهد أو التردد أو زيادة التيار باستخدام موحدات باعثة للضوء .



الشكل (٣ - ٢٣)

والجدير بالذكر أن بعض الشركات تصمم هذه الدائرة باستخدام موديول إنذار Alarm module يتألف من R1 , R2 , R3، وموديول اختبار الموحدات المشعة LED module، ويتألف من - [R1 - R6, ZD1 - ZD3, LD1 - LD3, D1 - D6]، وموديول اسكات البوق Alarm silence module ويتألف من الريلاى الكهرومغناطيسى R4.

نظرية عمل الدائرة:

لنفرض أن تردد المولد انخفض، فى هذه الحالة يعمل ريلاى انخفاض التردد UF على إعادة ريشته المغلقة لحالتها الطبيعية، فيعمل الريلاى R3، ومن ثم يغلق ريشة الإبقاء الذاتى الخاصة به، ويظل هذا الريلاى يعمل حتى ولو عادت الريشة UF مفتوحة مرة أخرى، ويغلق الريلاى R3 ريشته المفتوحة الموصلة مع الموحد المشع LD3، فيضىء وفى نفس الوقت يصل جهد عبر D4 للبوق H1 فيصدر البوق صوت الإنذار الصوتى، وتصل إشارة فصل Trip للقاطع الرئيسى للمولد، ومن ثم تنفصل الأحمال عن المولد، وعند قيام أحد المشغلين بالضغط على ضاغط إسكات البوق Ack، يعمل الريلاى R4، ومن ثم يغلق ريشة الإبقاء الذاتى الخاصة به، ويفتح الريشة المغلقة R4، الموصلة مع البوق R4، فيسكت البوق، ولكن يظل الموحد المشع LD3 والدال على انخفاض التردد مضيئاً، وبعد إزالة سبب المشكلة يمكن للمشغل الضغط على ضاغط تحرير الإنذار Reset، فينقطع مسار تيار الريلاى R3، ومن ثم ينطفئ الموحد المشع LD3 وتعود الدائرة للحالة الطبيعية.

وبنفس الطريقة يمكن تتبع عمل الدائرة عند انخفاض الجهد، أو انعكاس القدرة على المولد؛ علماً بأن UV هو ريلاى انخفاض الجهد، أما الريلاى RP هو ريلاى انعكاس القدرة.



الباب الرابع

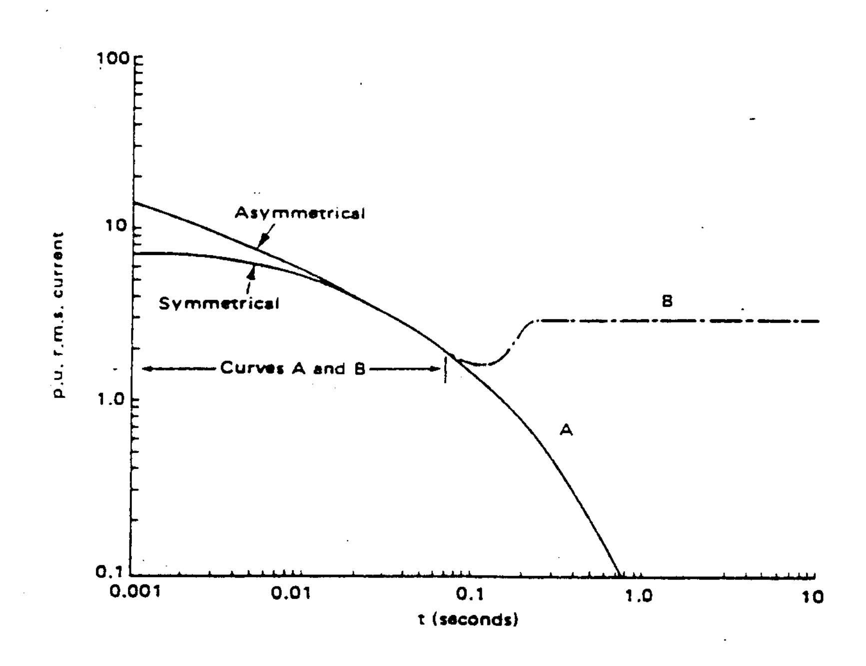
أجهزة حماية المولدات التزامنية

أجهزة حماية المولدات التزامنية

٤ / ١ - مقدمـة

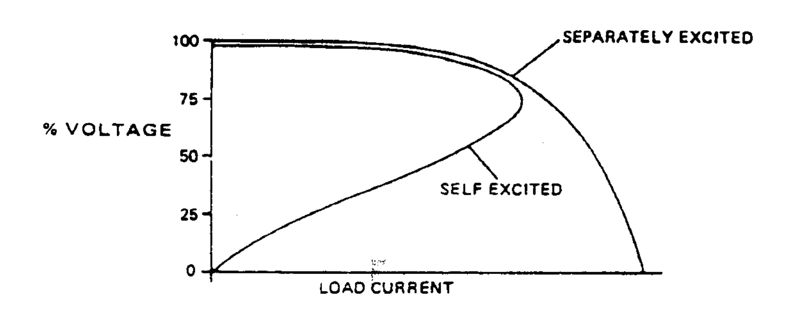
قبل أن نتعرض لأجهزة الحماية اللازمة للمولدات التزامنية، يجب أولاً أن نتناول العوامل المؤثرة على شدة تيارات القصر. فتيار القصر يعتمد على معاوقه المولد ونوعية نظام تغذية مجال المولد، وكذلك على معاوقه الدائرة بين مكان الخطأ والمولد .

والجدير بالذكر أنه فى الآونة الأخيرة روعى أن يكون المولد ذا عزل جيد، وأن يكون للمولد خواص تحميل جيدة (انخفاض ضئيل فى الجهد عند زيادة الأحمال) مع أقل سعر، الأمر الذى أدى إلى تقليل الخامات المستخدمة فى صناعة المولد مثل: الحديد والنحاس لكل KVA من سعة المولد؛ ونتيجة لذلك ارتفعت معاوقة المولدات عن ذى قبل، وبالتالى عند تعرض المولد لقصر على أطرافه سيقل تيار القصر، وهذا سيجعل عملية اختيار القاطع المناسب فى غاية الصعوبة. والشكل (٤ -١) يبين العلاقة بين تيار القصر والزمن عند حدوث قصر متماثل (قصر للثلاثة أوجه) Symmetrical ، وكذلك عند حدوث قصر غير متماثل (بين وجه أو وجهين مع خط التعادل) Asymmetrical، وذلك للمولدات ذاتية التغذية (A)، والمولدات المنفصلة التغذية (B) ويلاحظ أن تيار القصر يساوى 7 مرات من تيار التشغيل العادى عند القصر المتماثل، فى حين يساوى أكثر من 15 مرة عند القصر غير المتماثل، ويلاحظ أن تيار القصر فى المولدات الذاتية التغذية يتضاءل ذاتياً بمرور الزمن، لذلك فإنه لا حاجة لأنظمة حماية خاصة لهذه المولدات. وعادة تكون هذه المولدات مزودة بنظام لتغذية المجال قادراً على إمداد المجال بتيار إثارة كافٍ للوصول بتيار الحمل إلى 2.5 مرة من تيار الحمل الكامل عند معامل قدرة صفراً.



الشكل (٤ – ١)

والشكل (٤ – ٢) يعرض العلاقة بين جهد أطراف المولد وتيار الحمل لمولد بإثارة ذاتية Self Excited ، وآخر بإثارة منفصلة Separately Excited .



الشكل (٤ – ٢)

والجدير بالذكر أن المولدات الذاتية الإثارة ينخفض تيار الحمل لها عند وصوله إلى

2.5 مرة من تيار الحمل الكامل، ويقل الجهد على أطراف المولد وصولاً لتيار قصر يساوى صفراً.

فى حين أن المولدات المنفصلة الإثارة تتحمل تيار زيادة الحمل من 3:4 مرة من الحمل الكامل، لذلك فإن المولدات المنفصلة الإثارة أفضل من حيث سهولة تحديد مكان القصر وفصله، كما أن هذه المولدات لها خواص أفضل مع المحركات التى لها تيار بدء كبير.

٤ / ٢ - قواطع الدائرة المصغرة Miniature Circuit Breakers

تستخدم قواطع الدائرة فى وصل وفصل الدوائر الكهربية سواء فى الأحوال العادية أو حالات الخطأ، والفرق بين قاطع الدائرة والمفتاح هو أن المفتاح يقوم بوصل وفصل الدائرة يدوياً فى الحالات العادية. أما قاطع الدائرة فيقوم بوصل وفصل الدائرة يدوياً فى الحالات العادية، ويقوم بفصل الدائرة ذاتياً عند حدوث أخطاء بالدائرة مثل: القصر أو زيادة الحمل.

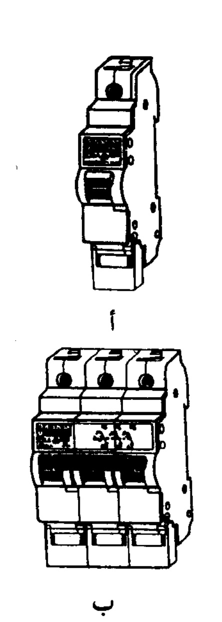
مميزات قواطع الدائرة:

١ - زمن الفصل قصير جداً عند حدوث قصر فى الدائرة.

٢ - يمكن إعادتها للتشغيل وذلك بإعادتها يدوياً لوضع ON بعد إزالة أسباب الخطأ.

٣ - يمكن استخدامها كمفتاح رئيسى فى الدائرة.

٤ - يمكن فصلها يدوياً أثناء عمل الأحمال بدون خوف من حدوث شرارة. وتصنع هذه القواطع بعدد مختلف من الأقطاب، فمنها ما هو بقطب واحد 1pole، وآخر بقطبين 2Pole، وآخر بثلاثة أقطاب 3Pole، وآخر بأربعة أقطاب 4Pole. والشكل (٤ - ٣) يعرض نموذجين لقواطع دائرة مصغرة قطب واحد (الشكل أ)، وثلاثة أقطاب (الشكل ب).

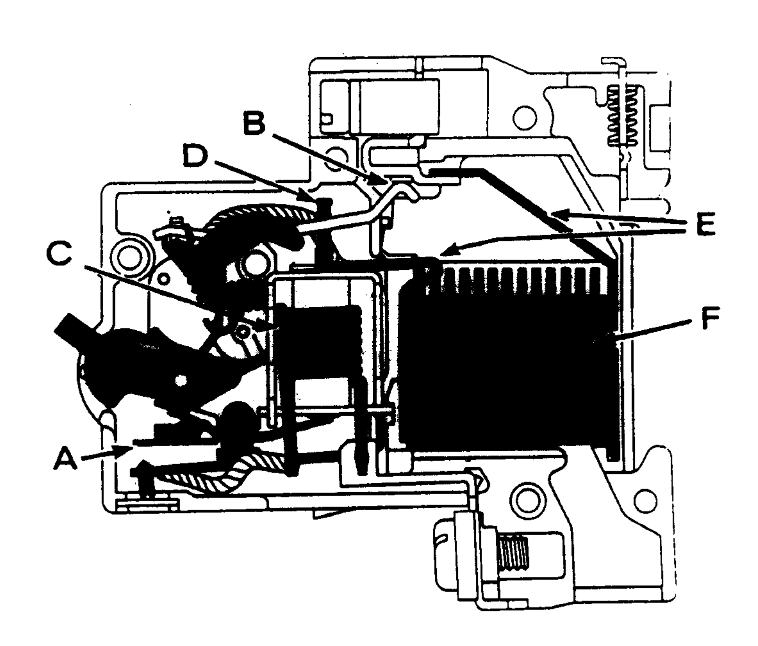


الشكل (٤ - ٣)

والجدير بالذكر أن قواطع الدائرة المصغرة تحتوى على عنصر

فصل حرارى لحماية الدائرة من زيادة الحمل، وعنصر فصل مغناطيسى لحماية الدائرة من القصر؛ لذلك فهى مناسبة للحماية من القصر وزيادة الحمل. علماً بأن القصر ينتج عن اتصال مباشر بين وجهين أو أكثر، أو وجه وخط التعادل، أو وجه وخط الوقاية. أما زيادة الحمل فينتج من زيادة الحمل على أحمال المحركات، وعادة فإن تيار الدائرة يزداد عدة مرات أثناء القصر قد تصل إلى 100 مرة، فى حين يزداد التيار بحد أقصى مرتين من التيار المقنن عند زيادة الحمل.

والشكل (٤ – ٤) يعرض قطاعاً داخلياً فى قاطع دائرة مصغر من إنتاج شركة (MEM Ltd.).



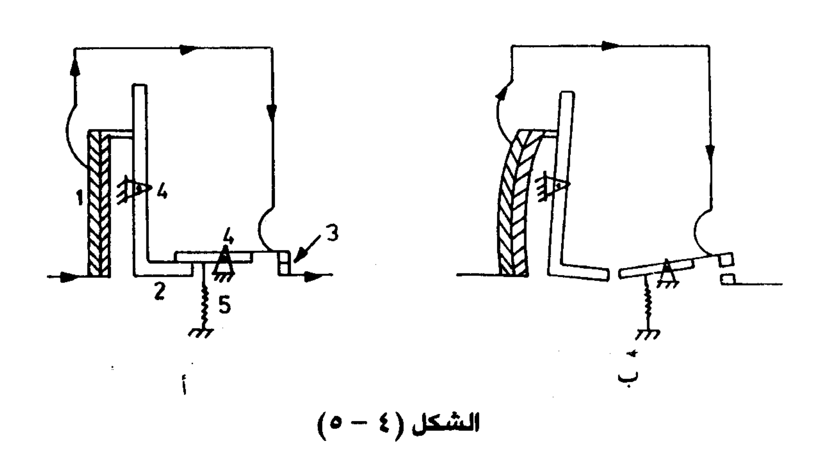
الشكل (٤ – ٤)

حيث إن:

عنصر الفصل الحرارى	A
نقاط التلامس	B

عنصـــر الفـــصل المغناطيـــسى	C
خابور فتح ريش التلامس لعنصر الفصل المغناطيسى	D
مسارات الشرارة	E
غـرفـة إطفـاء الشــرارة	F

ويتكون عنصر الفصل الحرارى التقليدى من شريحة ثنائية المعدن مكونة من معدنين لهما معامل تمدد حرارى مختلف، وعند مرور تيار أكبر من تيار الحمل المقنن فى هذه الشريحة تنثنى هذه الشريحة، فيحدث فصل للقاطع ويختلف زمن الانثناء الكامل لهذه الشريحة باختلاف شدة التيار المار، فكلما زاد التيار قل الزمن والعكس بالعكس. والشكل (٤ – ٥) يبين طريقة عمل عنصر الفصل الحرارى . (فالشكل أ) لعنصر فصل حرارى فى الوضع الطبيعى (والشكل ب) لعنصر فصل حرارى لحظة مرور تيار كبير.



الشكل (٤ – ٥)

حيث إن :

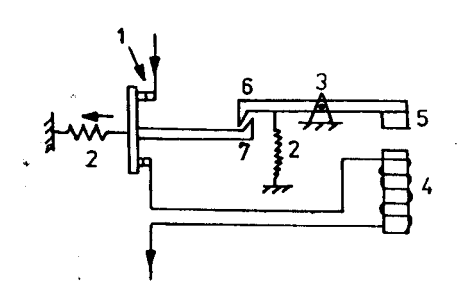
شريحة ثنائية المعدن	1	محور ارتكاز	4
سقاطة	2	يـاى	5
نقاط التلامس	3		

أما عنصر الفصل المغناطيسى فيعمل على توفير الوقاية من تيارات القصر،

ويتكون من ملف كهربى له قلب حديدى يعمل كرافعة لآلة الفصل المغناطيسى، فعندما يزداد التيار المار فى الملف الكهربى ليصل إلى حد معين، يتحرك القلب المغناطيسى ليجذب آلية الفصل مسبباً فصل القاطع فى زمن يتراوح ما بين (10:30nS) ، وذلك فى حالة عناصر الفصل المغناطيسية الفورية. والشكل (٤ – ٦) يبين تركيب عنصر الفصل المغناطيسى بصورة مبسطة.

حيث إن :

نقاط التلامس للقاطع	1
ياى	2
مفصل	3
الملف الكهربى والقلب المغناطيسى	4
رافعة	5
سقاطة	6



الشكل (٤ – ٦)

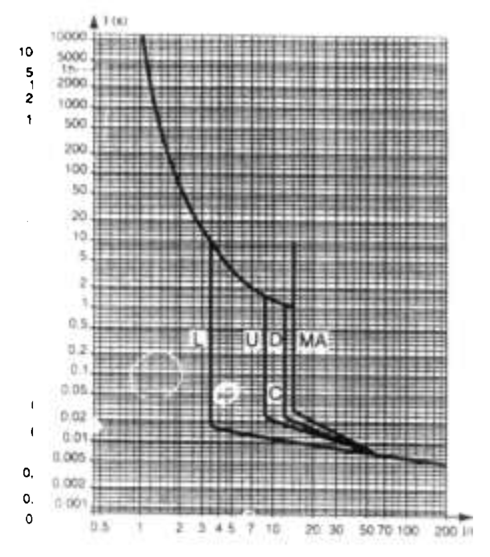
٤ / ٢ / ١ – خواص قواطع الدائرة المصغرة

يوجد لقواطع الدائرة المصغرة والتى تيارها المقنن أقل من أو يساوى 100A خمسة منحنيات خواص مختلفة تبعاً للمواصفات العالمية IEC157.1 مبينة بالشكل

(٤ – ٧) وهذه الخواص خاصة بقواطع منتجة بشركة Merlin Gerin الفرنسية طراز Multi 9 mcb's وهم كما يلى :

خواص L : وهى مناسبة لحماية المولدات والأشخاص والكابلات الطويلة فى أنظمة (TN,IT)وهى تحقق العلاقة التالية :

$$Im = (2.6: 3.85)\ In$$



الشكل (٤ – ٧)

حيث إن :

تيار الفصل المغناطيسى Im

التيار المقنن للقاطع In

خواص U : وهى للقواطع المستخدمة لحماية الأحمال التى تغذى الأحمال العادية

حيث إن :

$$Im= (5.5: 8.8)\ In$$

خواص D : وهى للقواطع المستخدمة لحماية الكابلات التى تغذى الأحمال ذات تيارات البدء العالية .

حيث إن :

$$Im = (10 : 14)\ In$$

خواص MA : وهى للقواطع المستخدمة لحماية المحركات وهى غير مزودة بحماية حرارية، فى حين تكون مزودة بحماية مغناطيسية ثابتة ويكون

$$Im = 12.5In$$

خواص C : وهى خاصة بقواطع تستخدم فى حماية الكابلات التى تغذى الأحمال العادية ، وفيما يلى العلاقة بين تيار الفصل المغناطيسى والتيار المقنن لهذه القواطع :

Im = (7: 10) In

والجدير بالذكر أن خواص قواطع الدائرة المصغرة الخاضعة للمواصفات العالمية الحديثة IEC 947.2 لا تختلف عن السابقة إلا فى رموزها .

فالخواص B الحديثة تقابل الخواص L القديمة، والخواص C الحديثة تقابل الخواص U القديمة، والخواص D والخواص MA الحديثة لا تختلف عن مثيلتها القديمة .

والشكل (٤ – ٨) يعرض ثلاثة خواص للقواطع المصغرة والتى تيارها المقنن أقل من أو يساوى 100A تبعاً للمواصفات الإنجليزية والمصنعة بشركة Merlin Gerin الفرنسية وهم كما يلى :

خواص (Type2) : وتستخدم فى حماية الكابلات التى تغذى الأحمال العادية وهى مزودة بحماية ضد زيادة الحمل والقصر حيث إن :

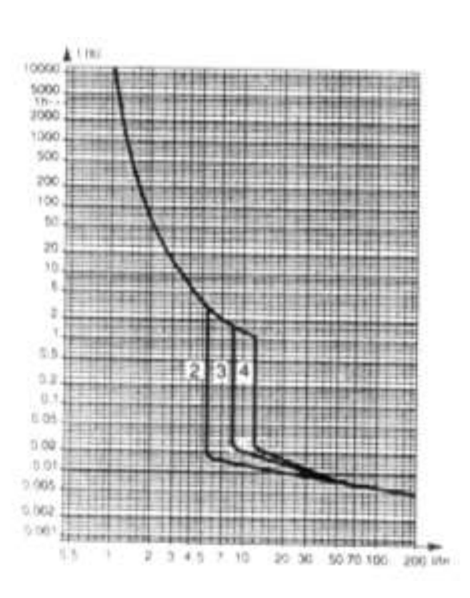
Im = (4:7) In

خواص (Type3) : وتستخدم فى حماية الكابلات التى تغذى الأحمال التى لها تيارات بدء عالية وهى مزودة بخواص حرارية ومغناطيسية حيث إن :

Im = (7:10) In

خواص (Type4) : وهى لقواطع تستخدم لحماية كابلات تغذية الأحمال ذات تيارات البدء العالية جداً، ولها خواص حرارية ومغناطيسية **حيث إن** :

Im = (10: 14) In



الشكل (٤ – ٨)

٤ / ٣ - قواطع الجهد المنخفض LVCB'S

تعمل قواطع الجهد المنخفض على توفير الوقاية من زيادة الحمل والقصر والتسرب الأرضى، وانخفاض الجهد وذلك لأحمال الجهد المنخفض، ويمكن تقسيم هذه القواطع تبعاً لتركيبها إلى :

١ - قواطع الدائرة المقولبة Moulded Case C.B'S

وتكون هذه القواطع متكاملة Compact ومغلفة بغلاف بلاستيكى .

وعادة فإن هذه القواطع غير قابلة للفك، ولا يمكن صيانتها واستبدال ريش تلامسها عند التلف، بل تستبدل كلياً وتيارات هذه القواطع تكون عادة أكبر من 100A، وتصل مقنناتها إلى 4000A، وسعة قطعها (تيار القصر الأقصى الذى يمكن فصله) تصل إلى 170KA، علماً بأن هذه القيم تتغير يوماً بعد يوم نتيجة للتطور التكنولوجى فى صناعة هذه القواطع .

٢ - قواطع الدائرة المفتوحة Open - type CB'S

وتتكون هذه القواطع من مجموعة من الموديولات Modules يمكن استبدالها فى أى وقت، كما أن هذه القواطع معدة لصيانتها، وتغيير ريش تلامسها، وتصل التيارات المقننة لهذه القواطع إلى 5000A ، وسعة قطعها تصل إلى 250KA؛ علماً بأن هذه القيم قابلة للتغير مع التطور التكنلوجى .

ويمكن تقسيم قواطع الجهد المنخفض تبعاً لنظام التشغيل إلى :

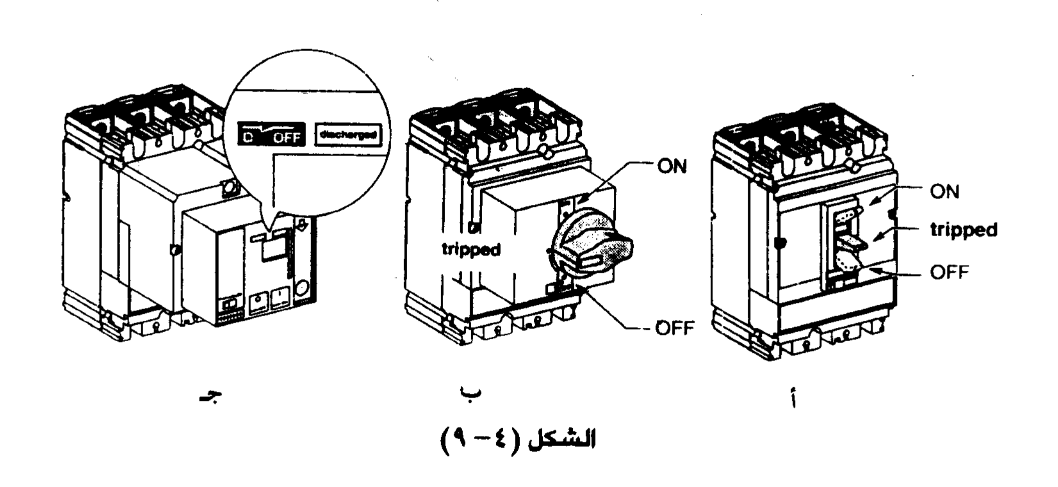
١ - قواطع تعمل بنظام يدوى للغلق والفتح بدون وحدة تخزين للطاقة مثل : القواطع المقولبة العادية، حيث تزود بذراع تشغيل قلاب Toggle، أو بذراع تشغيل دوارة Rotary .

٢ - قواطع مزودة بذراع يدوية لشحن ياى الغلق، حيث يتم شحن ياى الغلق بتحريك الذراع حركة ترددية، وبعد شحن الياى والضغط على ضاغط الغلق close يغلق القاطع، وعادة تزود هذه القواطع بنظام ربط ميكانيكى لمنع تشغيل قاطع الفتح Open، والغلق Close فى لحظة واحدة .

٣ - قواطع بنظام شحن يدوى وكهربى للطاقة يعمل على شحن ياى الغلق كهربياً

بواسطة ملف أو ملفين كهربين، ويعمل على شحن ياى الغلق يدوياً بواسطة ذراع يدوى كالنوع السابق، وتوجد أنواع من هذه القواطع تستخدم محرك كهربى فى الشحن الكهربى لياى الغلق. والشكل (٤ – ٩) يعرض ثلاثة أنواع من القواطع المقولبة المصنوعة بشركة Merlin Gerin الفرنسية.

(فالشكل أ) لقاطع بذراع تشغيل قلاب Toggle . و (الشكل ب) لقاطع بذراع تشغيل دوارة Rotary . و(الشكل جـ) لقاطع يعمل بمحرك.

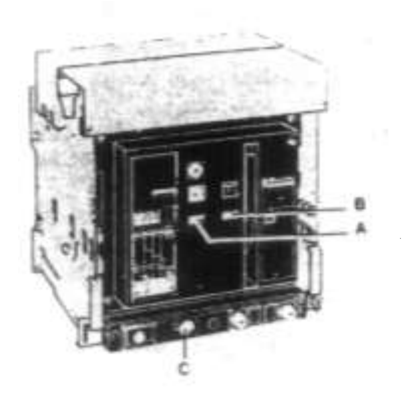


الشكل (٤– ٩)

أما الشكل (٤ – ١٠) فيعرض قاطع دائرة من النوع المفتوح Masterpact من إنتاج شركة Merlin Gerin وتكون مزودة بثلاثة مبينات وهم كما يلى:

أ – المبين A الخاص بوضع الريش الرئيسية للقاطع فيكون المبين أخضر فى حالة Off ، ولونه أحمر فى حالة ON.

ب– المبين B الخاص بحالة الغلق للقاطع فيكون لونه أصفر عند شحن ياى الغلق ومكتوب

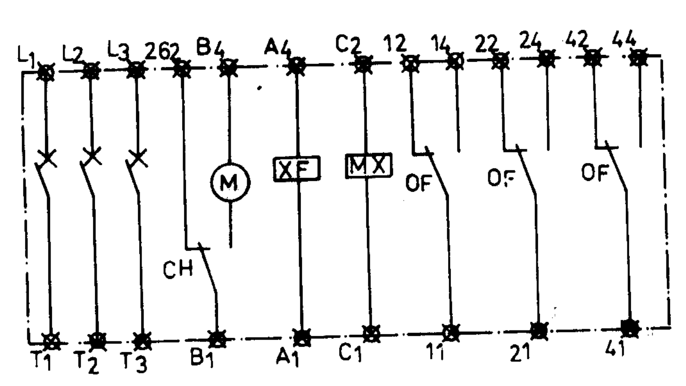


الشكل (٤ – ١٠)

عليه Charged، ويكون لونه أبيض عندما يكون ياى الغلق غير مشحون ومكتوب عليه discharged .

جـ - المبين C الخاص بوضع CB فعندما يكون القاطع فى وضع الفصل، فإن المبين C يكون لونه أخضر، وعندما يكون القاطع فى وضع الاختبار يكون المبين C لونه أزرق، وعندما يكون القاطع فى وضع التوصيل يكون المبين C لونه أبيض.

والشكل (٤ - ١١) يعرض مخطط توصيل قاطع دائرة مفتوح مزود بمحرك تشغيل.



الشكل (٤ - ١١)

حيث إن:

أطراف الأقطاب الرئيسية	L1, L2, L3, T1, T2, T3
مفتاح نهاية مشوار محرك شحن ياى القطع	Ch
ريش إضافية قلابة للقاطع	OF
ملف غلق القاطع	XF
ملف فتح القاطع (عنصر فصل التوازى)	MX

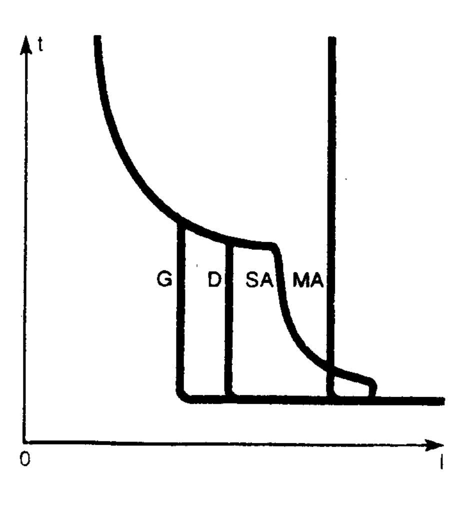
٤ / ٣ / ١ - خواص قواطع الدائرة المقولبة Compact

الشكل (٤ - ١٢) يعرض ستة منحنيات خواص لقواطع الدائرة المقولبة والتى

تياراتها تتراوح ما بين 100:1250A والمصنعة بشركة Merlin Gerin الفرنسية وهم كما يلى :

١- **قواطع بخواص (Type D)** : وتزود هذه القواطع بضاغط تحرير Reset لونه برتقالى، وتستخدم لحماية كابلات تغذية الأحمال العادية، وهى مزودة بحماية حرارية ومغناطيسية ويكون تيار الفصل المغناطيسى ثابت للقواطع التى تيارها أقل من 160A، وقابل للمعايرة للقواطع التى تيارها أكبر من 160A بقيم تتراوح ما بين Im = (5 :10) Ir.

حيث إن: Ir هو تيار الفصل الحرارى المعاير Thermal trip Current.



الشكل (٤ – ١٢)

٢- **قواطع بخواص (Type G)** : وهى مزودة بضاغط تحرير أخضر وتستخدم لحماية المولدات والأشخاص والكابلات الطويلة فى أنظمة (TN-IT) وهى مزودة بخواص حرارية لحماية الأحمال من زيادة الحمل، وخواص مغناطيسية لحماية الأحمال من القصر، وتكون خواصها المغناطيسية قابلة للمعايرة للقواطع التى تيارها المقنن يساوى 250A، حيث إن Im= (2:5)Ir.

٣- **قواطع بخواص (Type MA)** : وهى مزودة بضاغط تحرير رصاصى، وتستخدم فى حماية المحركات وهى غير مزودة بحماية حرارية ضد زيادة الحمل، ولكن مزودة بحماية مغناطيسيةقابلة للمعايرة للقواطع التى تيارها أكبر من 160A **حيث إن** : Im= (6.3:12.5)Ir.

٤- **قواطع بخواص (Type SA)** : وتكون مزودة بضاغط تحرير أزرق، وتكون لها خواص تمييز محسنة لمكان القصر ولها حماية ضد زيادة الحمل تشبه الحماية الحرارية للأنواع D,G ، وحماية ضد القصر بقيمة ثابتة وبتأخير زمنى قصير.

٤ / ٣ / ٢ - وحدات الفصل الالكترونية

تستخدم وحدات الفصل الإلكترونية مع قواطع الدائرة المفتوحة، وكذلك بعض أنواع قواطع الدائرة المقولبة ولها خواص تشبه خواص D, G, SA للقواطع المقولبة. وسنتناول فى هذه الفقرة بعض الوحدات الإلكترونية المصنعة بشركة Merlin Gerin الفرنسية، ويستخدم فى هذه الوحدات عدة نقاط للمعايرة وهم:

1 - نقطة معايرة زيادة الأحمال ذات التأخير الزمنى الطويل Ir **حيث إن** :

$Ir = XIo$

$Io = xIn$

حيث إن:

تيـار الفـصـل	Ir
تيـار زيادة الحـمـل	Io
تيار المقنن للقاطع	Tn
النسبـة المئوية للمعـايرة	X

2 - زمن معايرة التأخير الزمنى الطويل tr .

3 - نقطة معايرة تيار الفصل ذات التأخير الزمنى القصير Im .

4 - زمن الفصل القصير tm .

5 - تيار الفصل اللحظى I حيث إن I=xIn .

6 - إمكانيات إضافية مثل: القياس والبيان.

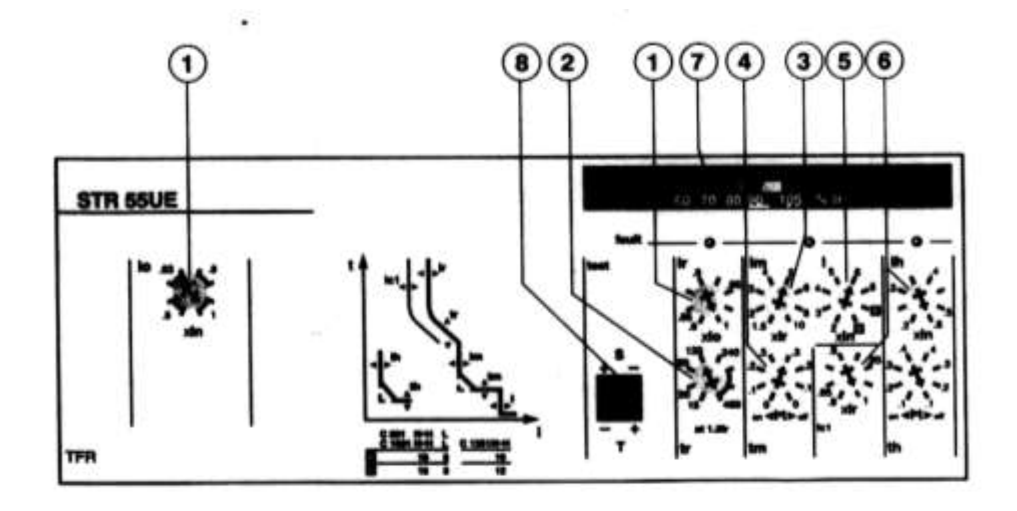
7 - بيان زيادة الحمل.

8 - أطراف اختبار وحدة الفصل الإلكترونية.

9 - نقطة معايرة تيار الفصل عند التسرب الأرضى Ih .

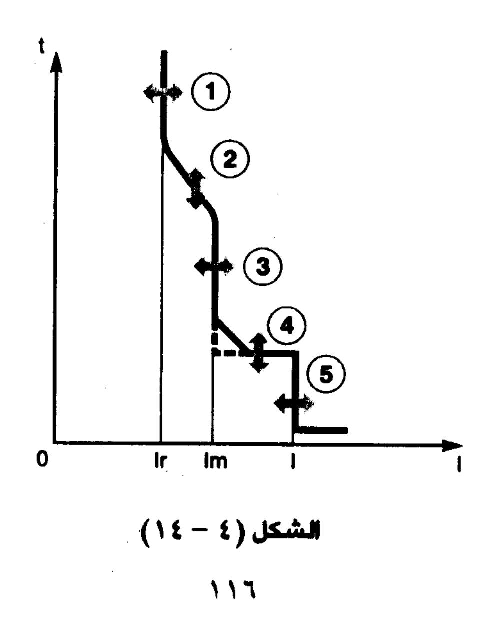
10 - نقطة معايرة زمن الفصل عند التسرب الأرضى th .

والشكل (٤ – ١٣) يعرض لوحة نقاط المعايرة للدائرة الإلكترونية STR55UE والمزودة بتسع نقاط معايرة.



الشكل (٤ – ١٣)

والشكل (٤ – ١٤) يعرض منحنى التيار والزمن لوحدة الفصل الإلكترونية STR55UE.

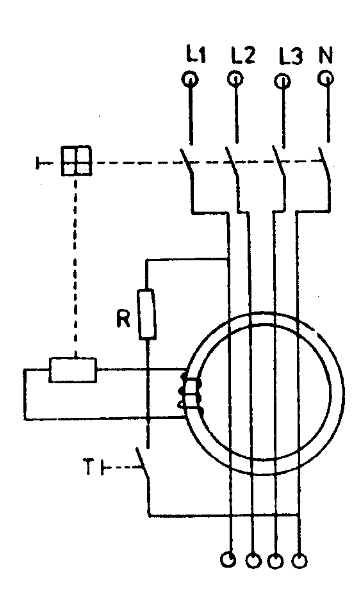


الشكل (٤ – ١٤)

٤ / ٤ - قواطع التسرب الأرضى ELCB'S

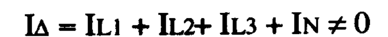
يوجد لهذه القواطع عدة مسميات مثل: أجهزة التيار المتخلف Rcd's، ومقطعات العطل الأرضى GFI'S، وقواطع التسرب الأرضى ELCB'S، وتستخدم هذه القواطع لفصل خرج المولد بمجرد تسرب تيار صغير للأرضى قد يصل إلى 6mA لبعض قواطع التسرب الأرضى، علماً بأن تيار التسرب الأرضى قد يكون ناتجاً عن ملامسة الإنسان لأحد الخطوط الكهربية، وحيث إن هذا التيار صغير ولا يكفى لفصل قواطع الحماية من زيادة التيار أو المصهرات، الأمر الذى يلزم استخدام هذا النوع من القواطع .

والجدير بالذكر أن تيار التسرب الأرضى قد يؤدي إلى حدوث انفجارات وحرائق فى الأماكن الخطرة والتى تحتوى على أبخرة قابلة للاشتعال أو الانفجار .



الشكل (٤ - ١٥)

والشكل (٤ - ١٥) يعرض الدائرة الداخلية لقاطع تسرب أرضى بأربعة أقطاب . ويتكون قاطع التسرب الأرضى من محول تيار صفرى Zero Current transformer ، ويوصل محول التيار الصفرى بريلاى فصل آلة القطع. فعند حدوث تسرب أرضى يصبح مجموع تيارات الأوجه المختلفة والتعادل غير مساو للصفر أى أن :

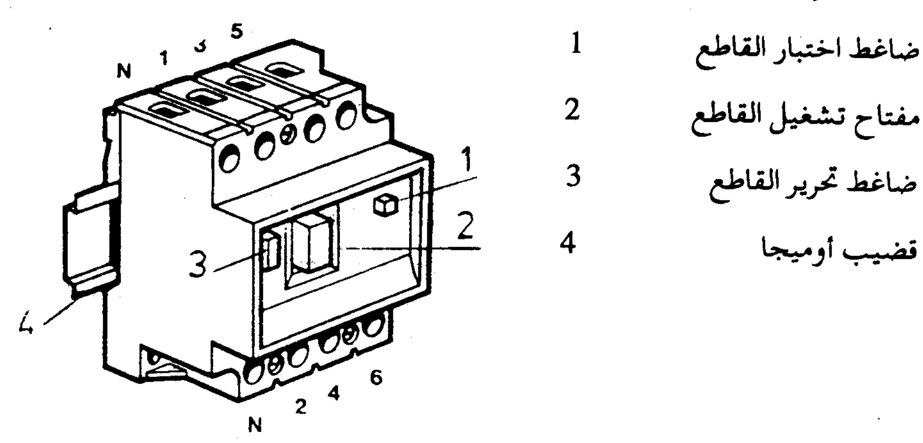


$$I_{\Delta} = I_{L1} + I_{L2} + I_{L3} + I_{N} \neq 0$$

حيث إن: I_{Δ} هو تيار التسرب الأرضى، وفى هذه الحالة يعمل الريلاى على فصل آلة فصل القاطع. ويستخدم الضاغط T فى اختبار القاطع، فعند الضغط على الضاغط T يمر تيار عبر المقاومة R من الوجه L_1 إلى خط التعادل N فيفصل القاطع. والشكل (٤ - ١٦) يعرض قاطع تسرب أرضى من النوع المصغر يثبت على قضيب أو ميجا .

حيث إن :

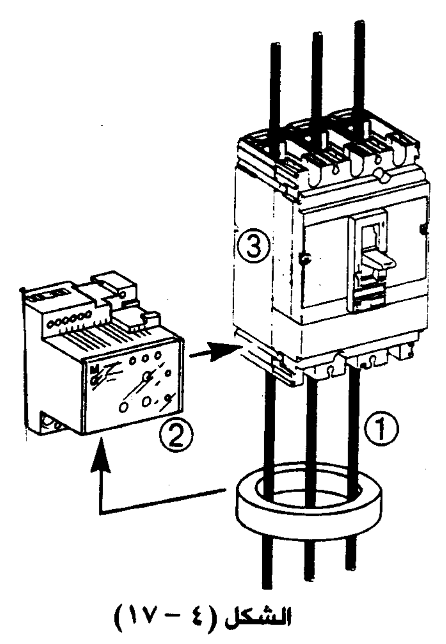
ضاغط اختبار القاطع	1
مفتاح تشغيل القاطع	2
ضاغط تحرير القاطع	3
قضيب أوميجا	4



الشكل (٤ – ١٦)

ويوجد ريليهات تسرب أرضى يمكن استخدامها مع القاطع الرئيسى.

والشكل (٤ – ١٧) يعرض طريقة استخدام ريلاى تسرب أرضى مع قاطع مقولب مع محول صفرى تبعاً لتوصيات شركة Merlin Gerin .



الشكل (٤ – ١٧)

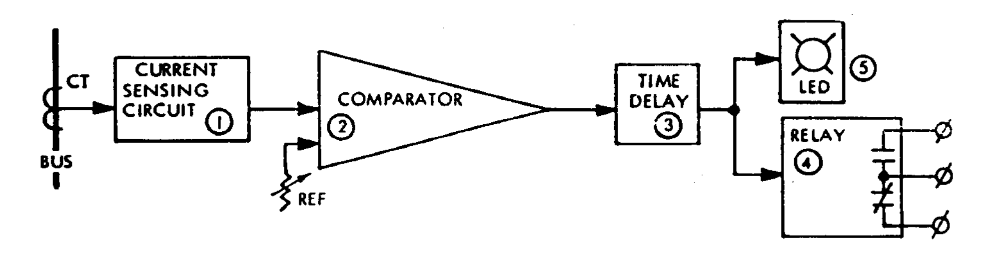
حيث إن :

المحول الصفرى	1
ريلاى تسـرب أرضى	2
قاطع مقولب	3

٤ / ٥ - ريلاى زيادة التيار Over current relay

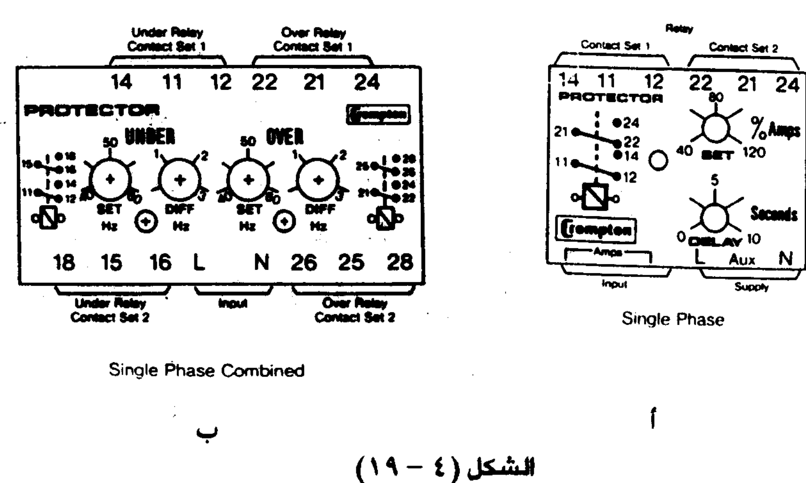
يستخدم ريلاى زيادة التيار لفصل قاطع الدائرة أو الكونتاكتور الرئيسى للمولد عند زيادة تيار المولد عن القيمة المعاير عليها الريلاى، ويتكون ريلاى زيادة التيار من خمسة عناصر مبينة بالشكل (٤ - ١٨) وهم كما يلى :

- دائرة الإحساس بالتيار (1) والتى يتم تغذيتها من محول تيار CT مركب على أحد أوجه المولد .
- دائرة مقارنة (2) تعمل على مقارنة الجهد المقابل لتيار الحمل والقادم من دائرة الإحساس بالتيار (1) مع جهد الأساس REF .
- دائرة تأخير زمنى (3) Time delay .
- مفتاح كهرومغناطيسى (4) يعمل عند تعدى تيار الحمل القيمة المعاير عليها ريلاى زيادة التيار وتعدى الزمن المعاير عليه دائرة التأخير الزمنى (3)، ويقوم بعكس حالة ريشه فتصبح الريشة المفتوحة مغلقة، والريشة المغلقة مفتوحة الأمر الذى يؤدى لفصل قاطع المولد .
- موحد باعث لضوء LED (5) يضىء عند زيادة التيار وعمل الريلاى .



الشكل (٤ - ١٨)

والشكل (٤ - ١٩) يعرض نموذجين لريلاى تيار من إنتاج شركة Crompton . فالشكل (أ) لريلاى زيادة تيار وجه واحد والشكل (ب) لريلاى زيادة / انخفاض تيار وجه واحد .



ب أ

الشكل (٤ - ١٩)

مثال لضبط ريلاى زيادة التيار :

إذا كان تيار المولد 695A يختار محول تيار له نسبة تحويل 800/5A ، وعادة يضبط تيار الفصل عند 110% من التيار المقنن، وبالتالى يعاير الريلاى عند

$$SET = \frac{695 \times 110}{800} = 96\%$$

وذلك عند تأخير زمنى 5S .

٤ / ٦ - ريلاى زيادة الجهد أو انخفاضه under / Over Voltage relay

يستخدم ريلاى زيادة الجهد أو انخفاضه لمراقبة جهد المولدات والقضبان العمومية Bus Bars وأنظمة التوزيع .

والشكل (٤ - ٢٠) يعرض مخططاً توضيحياً يبين تركيب ريلاى زيادة الجهد أو انخفاضه بنقطتى معايرة (الشكل أ) ، وآخر بأربع نقاط معايرة (الشكل ب) .

حيث إن :

دائرة الإحساس بالجهد (1) ، والتى يتم تغذيتها إما من محول جهد Voltage transformer أو مباشرة .

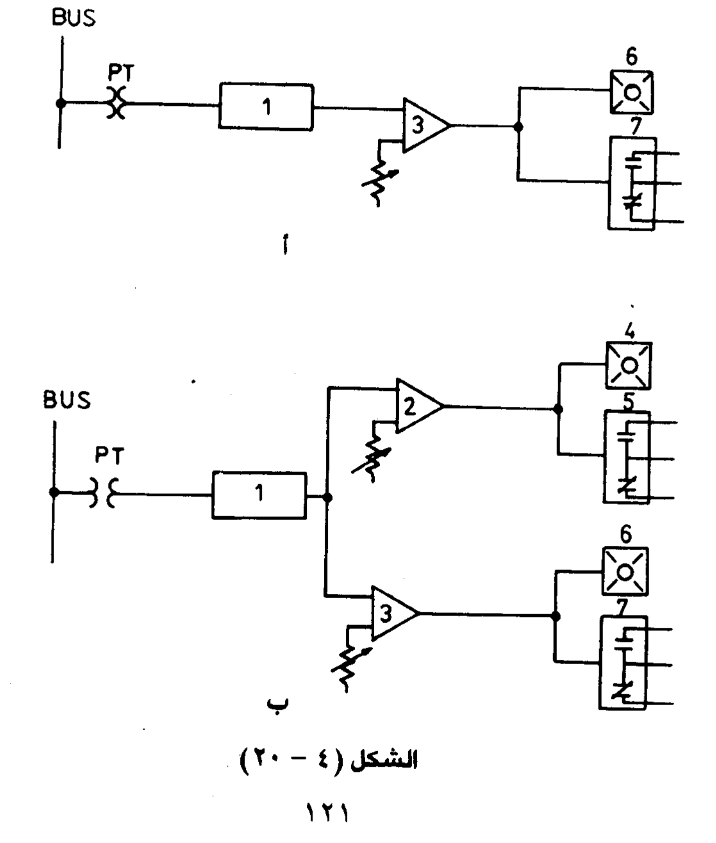
– دائرة مقارنة (3)،(2) تعمل على مقارنة الجهد المقابل لجهد الحمل القادم من دائرة الإحساس بالجهد (1) مع جهد الأساس REF، والذى يتم ضبطه بواسطة مقاومة متغيرة على وجه الريلاى .

– ريلاى (5) يعمل عند زيادة جهد الحمل عن الجهد المعاير عليه نقطة معايرة الزيادة Over .

– ريلاى (7) يعمل عند انخفاض جهد الحمل عن الجهد المعاير عليه نقطة معايرة الانخفاض Under .

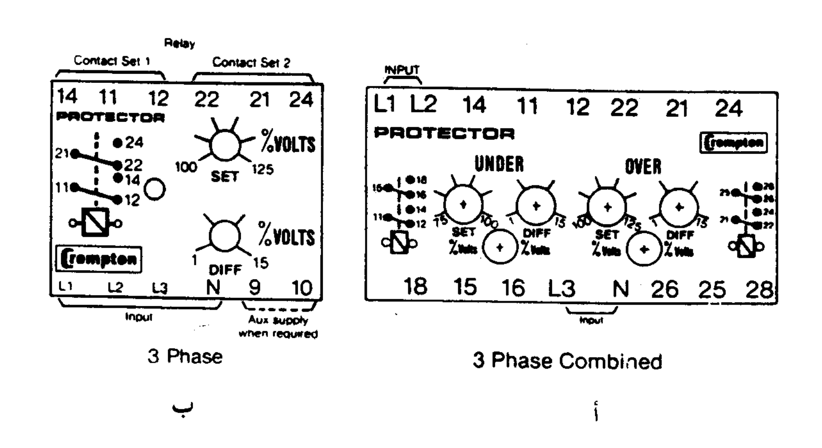
– موحد مشع (4) يضىء عند عمل الريلاى (5) .

– موحد مشع (6) يضىء عند عمل الريلاى (7) .



الشكل (٤ – ٢٠)

والشكل (٤ – ٢١) يعرض نموذجين لريلاى جهد، فالشكل (أ) لريلاى جهد يعمل مع مصدر ثلاثى الأوجه مزود بأربع نقاط للمعايرة، والشكل (ب) لريلاى جهد يعمل مع مصدر ثلاثى الأوجه مزود بنقطتين للمعايرة من إنتاج شركة Crompton.



3 Phase — ب

3 Phase Combined — أ

الشكل (٤ – ٢١)

والجدير بالذكر أنه توجد ريليهات جهد تعمل من مصدر أحادى الوجه تكون مزودة بنقطتين أو أربع نقاط للمعايرة.

ففى (الشكل أ) أربع نقاط للمعايرة وهم :

– معايرة زيادة الجهد — Over set

– معايرة انخفاض الجهد — Under set

– معايرة قيمة التحرير عند الزيادة — Over diff.

– معايرة قيمة التحرير عند الانخفاض — Under diff

أما (بالشكل ب) نقطتين للمعايرة وهم :

– معايرة الجهد — Set

– معايرة الفرق الذى يعيد الريلاى لوضعه الطبيعى — diff

وتجدر الإشارة إلى أن ريلاى الجهد ذات نقاط المعايرة الأربعة مزود بمفتاح كهرومغناطيسى للزيادة، وآخر للانخفاض. أما ريلاى الجهد ذات نقطتى المعايرة فهو مزود بمفتاح كهرومغناطيسى واحد.

نظرية عمل ريلاى الجهد ذات نقاط المعايرة الأربعة:

نفرض أن:

- معايرة زيادة الجهد عند 110% .
- معايرة انخفاض الجهد عند 90%.
- معايرة فرق الزيادة عند 5% .
- معايرة فرق الانخفاض عند 5%.

فيكون المفتاح الكهرومغناطيسى الخاص بانخفاض الجهد فى حالة تشغيل ON عندما يكون جهد أطراف المولد عند القيمة المقننة له 100%، فى حين يكون المفتاح الكهرومغناطيسى الخاص بارتفاع الجهد فى حالة فصل OFF.

وعند انخفاض جهد أطراف المولد عن 90% فإن المفتاح الكهرومغناطيسى الخاص بالانخفاض سوف يصبح فى حالة فصل OFF، أما إذا ارتفع الجهد بالقيمة المعاير عليها فرق الانخفاض ليصبح 95% يعود المفتاح الكهرومغناطيسى الخاص بالانخفاض لحالة التشغيل مرة أخرى.

وبالمثل فإن المفتاح الكهرومغناطيسى الخاص بارتفاع الجهد يصبح فى حالة تشغيل ON عند ارتفاع جهد المولد إلى 110%، وإذا انخفض الجهد ليصبح 105% يعود المفتاح الكهرومغناطيسى الخاص بارتفاع الجهد لحالة OFF مرة أخرى وهكذا.

نظرية عمل ريلاى انخفاض الجهد ذو نقطتى المعايرة:

نفرض أن معايرة الجهد عند 90%، ومعايرة الفرق عند 5%.

فى هذه الحالة يصبح المفتاح الكهرومغناطيسى للريلاى فى حالة ON، عندما يكون جهد أطراف المولد عند القيمة المقننة له 100%، وبمجرد انخفاض الجهد عن 90% من الجهد المقنن يصبح المفتاح الكهرومغناطيسى للريلاى فى حالة OFF،

ويظل على هذا الحـــال إلى أن يرتفع الجـــهـــد ليـــصـــبح 95% فيعود المفتاح الكهرومغناطيسى للريلاى لحالة ON. وتتوفر ريليهات جهد مزودة بنقطتين للمعايرة للعمل كريليهات ارتفاع جهد فقط.

والجدير بالذكر أن ريليهات الجهد تتوفر فى الأسواق عند جهود تشغيل مختلفة مثل :

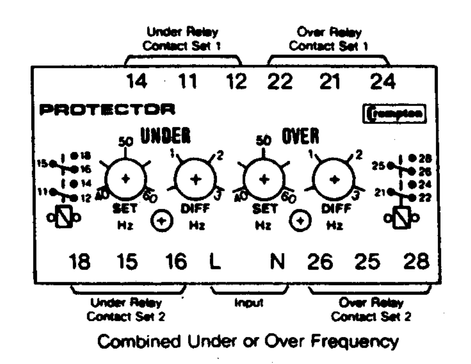
.(100, 200, 380, 450)

فإذا كان جهد أطراف المولد أكبر من جهد تشغيل الريلاى لابد من استخدام محول جهد.

٤ / ٧ - ريلاى التردد Frequency relay

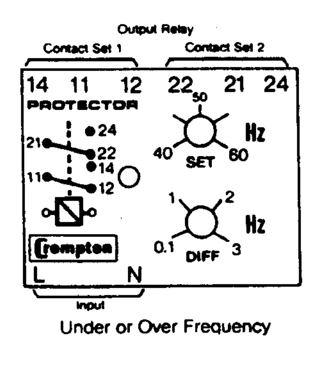
يستخدم ريلاى التردد لمراقبة تردد المولدات والقضبان وأنظمة التوزيع؛ ولا يختلف التركيب الداخلى لريلاى التردد المزود بنقطتى معايرة عن الشكل (٤ - ٢٠أ)، وكذلك لا يختلف التركيب الداخلى لريلاى التردد المزود بأربع نقاط معايرة عن الشكل (٤ - ٢٠ب) عدا أن دوائر إحساس الجهد تستبدل بدوائر إحساس للتردد.

والشكل (٤ - ٢٢) يعرض نموذجاً لريلاى تردد بأربع نقاط للمعايرة (الشكل أ)، وريلاى تردد بنقطتين للمعايرة (الشكل ب) . من إنتاج شركة Crompton.



Combined Under or Over Frequency

أ



Under or Over Frequency

ب

الشكل (٤ - ٢٢)

ففى (الشكل أ) أربع نقاط للمعايرة وهم:

– معايرة زيادة التردد Over Set.

– معايرة انخفاض التردد Under Set.

– معايرة قيمة الفرق عند الزيادة Over diff.

– معايرة قيمة الفرق عند الانخفاض Under diff.

وفى (الشكل ب) نقطتين للمعايرة وهم:

– معايرة التردد set.

– معايرة الفرق الذى يعيد الريلاى لوضعه الطبيعى diff.

ففى حالة ريلاى انخفاض التردد تصبح Set هى نقطة معايرة الانخفاض، أما diff تصبح نقطة معايرة قيمة التحرير (الفرق) عند الانخفاض.

وفى حالة ريلاى زيادة التردد تصبح Set هى نقطة معايرة الزيادة، أما diff تصبح نقطة معايرة قيمة التحرير (الفرق) عند الزيادة.

مثال لمعايرة ريلاى زيادة / انخفاض التردد:

إذا كان تردد المولد 50HZ يمكن ضبط الريلاى بالطريقة التالية:

معايرة الزيادة 53HZ

معايرة الانخفاض 47HZ

معايرة فرق الزيادة 2HZ

معايرة فرق الانخفاض 2HZ

فعند تردد 50HZ يكون المفتاح الكهرومغناطيسى للزيادة فى حالة Off، ويكون المفتاح المغناطيسى للانخفاض فى حالة ON.

وعند تردد 53HZ يكون المفتاح الكهرومغناطيسى للزيادة فى حالة ON، ويظل المفتاح الكهرومغناطيسى للانخفاض فى حالة ON.

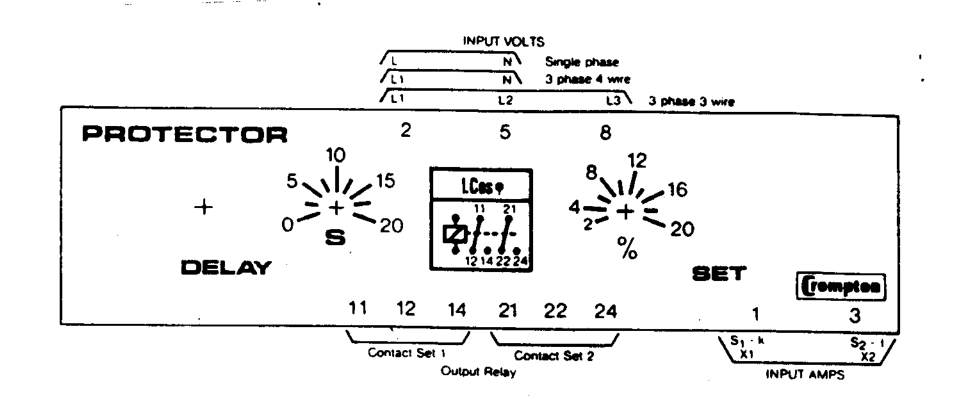
وعند تردد 47HZ يكون المفتاح الكهرومغناطيسى للزيادة والانخفاض فى حالة Off .

٤ / ٨ - ريلاى انعكاس القدرة Reverse Power relay

يستخدم ريلاى انعكاس القدرة مع المولدات لمراقبة انعكاس القدرة، فعند انعكاس القدرة على أحد المولدات نتيجة لمشكلة فى ماكينة الديزل، يتم فصل قاطع المولد، وذلك من أجل المحافظة على ماكينة الديزل؛ لأن انعكاس القدرة يؤدى لدوران المولد كمحرك مما يؤدى لتلف ماكينة الديزل .

ويقوم ريلاى انعكاس القدرة بمقارنة التيار مع الجهد، وذلك من أجل تحديد ICOSϕ، فإذا كانت هذه القيمة سالبة وتعدت النسبة المئوية (2:20%) يضىء موحد مشع ويبدأ مؤقت زمنى فى العمل، وعند انتهاء الزمن المعاير عليه المؤقت الزمنى، فإن المفتاح المغناطيسى للريلاى سوف يقوم بعكس حالة ريشه .

والشكل (٤ - ٢٣) يعرض ريلاى انعكاس قدرة من إنتاج شركة Crompton .



الشكل (٤ - ٢٣)

ويلاحظ أن الريلاى مزود بنقطة معايرة للتيار كنسبة مئوية من التيار المقنن SET، ويتراوح ما بين In(2:20%) ، ونقطة معايرة زمن التأخير DELAY، ويتراوح زمن التأخير ما بين (0:20S) .

مثال :

مولد له تيار مقنن 714A عند معامل قدرة 0.8؛ لذلك فإن

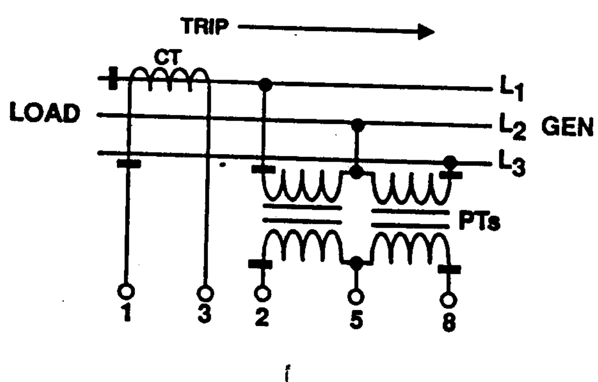
$$I\cos\phi = 714 \times 0.8 = 571A$$

باختيار محول تيار له نسبة تحويل 800/5A فإن قيمة SET تساوى

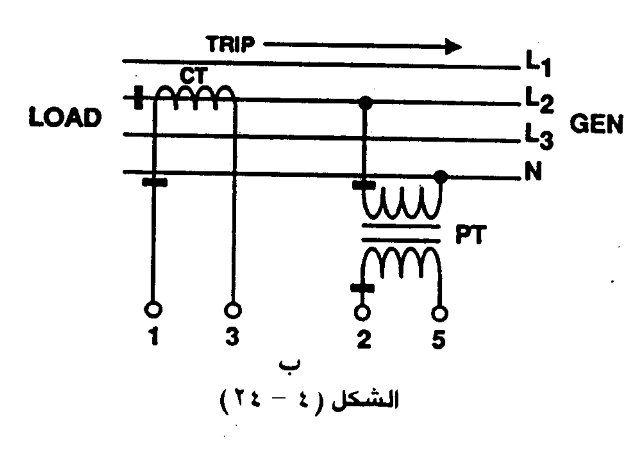
$$SET = \frac{8 \times 571}{800} = 5.7\%$$

ويضبط زمن التأخير عند 10 Sec .

والشكل (٤ - ٢٤) يبين مخطط توصيل أطراف ريلاى انعكاس القدرة المزود بدائرة دخل ثلاثية الوجه (الشكل أ) ، ومخطط توصيل أطراف ريلاى انعكاس القدرة المزودة بدائرة دخل أحادية الوجه (الشكل ب) .



أ



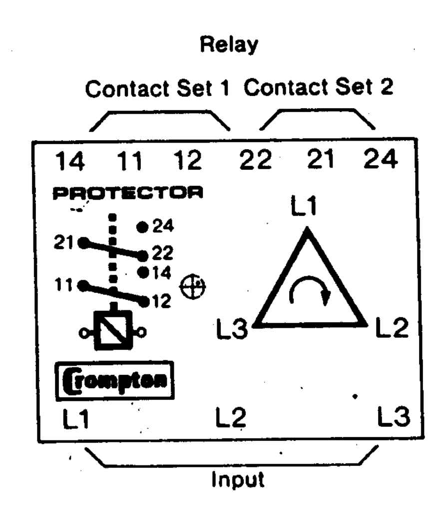
ب

الشكل (٤ - ٢٤)

٤ / ٩ - ريلاى انعكاس تتابع الأوجه أو فقدان أحد الأوجه

Phase Sequence & Phase Failure

يستخدم هذا الريلاى لحماية أحمال المولدات الكهربية من تغيير تتابع الأوجه أو فقدان أحد الأوجه الذى يسبب فى الأنهيار الكهربى أو الميكانيكى للأحمال، وكذلك قد يعرض الأشخاص إلى خطورة بالغة من جراء انعكاس اتجاه دوران المحركات. والشكل (٤ – ٢٥) يعرض نموذجاً لريلاى انعكاس الأوجه من إنتاج شركة Crompton.



الشكل (٤ – ٢٥)

نظرية عمل الريلاى:

فى الحالة الطبيعية لتتابع الأوجة L1,L2,L3؛ فإن المفتاح الكهرومغناطيسى للريلاى يكون فى حالة ON . أما عند انعكاس تتابع الأوجه مثل : L1,L3,L2 فإن المفتاح الكهرومغناطيسى للريلاى سيصبح فى حالة OFF، ويظل هكذا طالما أن تتابع الأوجه مازال غير صحيح. وكذلك عند فقدان أحد الأوجه أو انخفاض جهد أحد الأوجه عن 70% من القيمة المقننة لجهد عمل الريلاى، فإن المفتاح الكهرومغناطيسى للريلاى سيصبح فى حالة OFF ، ويضىء موحد مشع LED عند عمل المفتاح الكهرومغناطيسى.

٤ / ١٠ - ريلاى اتزان الأوجه Phase balance relay

ويقوم هذا الريلاى بتوفير الحماية اللازمة عند حدوث أحد المشاكل التالية:

١ – فقدان أحد الأوجه.

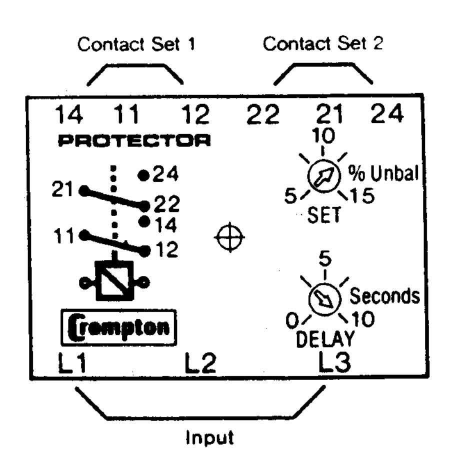
٢ – انعكاس وجه مكان آخر.

٣ – تغير تتابع الأوجه.

٤ – عدم اتزان الأوجه.

٥ – انخفاض جهد المولد.

فعند حدوث أحد المشاكل السابقة يصبح المفتاح الكهرومغناطيسى للريلاى فى حالة OFF، ويزود الريلاى بنقطة لمعايرة زمن التأخير المسموح به حتى لا يستجيب الريلاى عند حدوث اهتزازات فى المصدر الكهربى. والشكل (٤ – ٢٦) يعرض المسقط الرأسى لريلاى اتزان أوجه من إنتاج شركة Crompton .



الشكل (٤ – ٢٦)

ويلاحظ أن الريلاى مزود بنقطة لمعايرة النسبة المئوية لعدم اتزان الجهد SET، ويمكن معايرة الريلاى عند عدم اتزان يتراوح ما بين 5:15% من الجهد المقنن للريلاى.

ونقطة لمعايرة زمن التأخير DELAY ، ويتراوح زمن التأخير المسموح به ما بين (0:10 Sec) .

٤ / ١١ - ريلاى ارتفاع درجة الحرارة Over temperature relay

تتواجد ريليهات ارتفاع درجة الحرارة فى عدة صور مثل :

١ - ريلاى ارتفاع درجة الحرارة بمدخل واحد Thermistor relay .

٢ - ريلاى ارتفاع درجة الحرارة بثلاثة مداخل Hot Spot 3 relay .

٣ - ريلاى ارتفاع درجة الحرارة بستة مداخل Hot Spot 6 relay .

٤ / ١١ / ١ - ريلاى ارتفاع درجة الحرارة ذو المدخل الواحد

ويستخدم ريلاى ارتفاع درجة الحرارة ذو المدخل الواحد لحماية المولدات والمحركات من ارتفاع درجة حرارتها، حيث يوصل بهذا الريلاى مقاومات حرارية لها معامل حرارى موجب PTC ، موصلة على التوالى ومدفونة داخل ملفات المولد أو المحرك (حيث يخصص لكل وجه مقاومة حرارية)، وتكون المقاومة المحصلة لمقاومات PTC المدفونة فى الملفات حوالى 1500Ω عند الظروف الطبيعية، وعند ارتفاع درجة حرارة الملفات تزداد قيمة المقاومة المحصلة لمقاومات PTC ، وعند وصول قيمتها إلى (2500:3500Ω) يحدث فصل للمفتاح الكهرومغناطيسى للريلاى .

ويتواجد هذا النوع من الريليهات فى صورتين وهما :

١ - ريلاى ارتفاع درجة الحرارة ذو المدخل الواحد يتحرر ذاتياً :

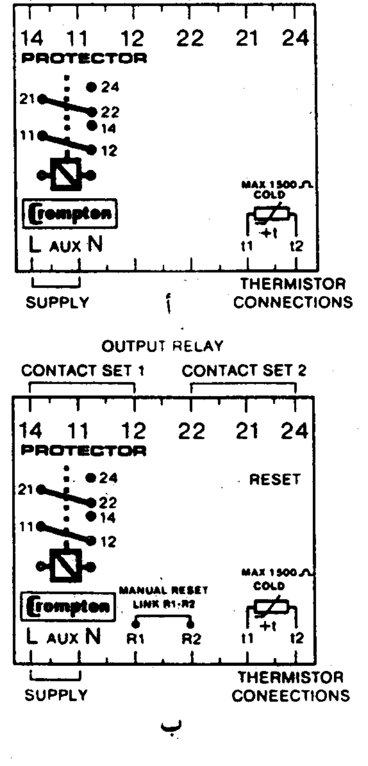
فعند انخفاض درجة حرارة الملفات ووصول قيمة المقاومة المحصلة لمقاومات PTC إلى قيمة تتراوح ما بين (1500:2300Ω) يحدث تحرير ذاتى للريلاى، ويعود المفتاح الكهرومغناطيسى للريلاى لحالة ON مرة أخرى .

٢ - ريلاى ارتفاع درجة الحرارة ذو المدخل الواحد مزود بوسيلة تحرير يدوية :

ويزود هذا الريلاى إما بضاغط تحرير RESET على وجه الريلاى، أو يتم توصيل ضاغط خارجى لتحرير الريلاى، فعند انخفاض درجة حرارة الملفات، ووصول قيمة

المقاومة المحصلة لمقاومات PTC إلى قيمة تتراوح مـا بين (1500:2300Ω) وعند الضـغط على ضـاغط التـحـرير RESET، يعـود المفـتـاح الكهـرومـغناطيـسى للريلاى لحـالة ON مـرة أخرى.

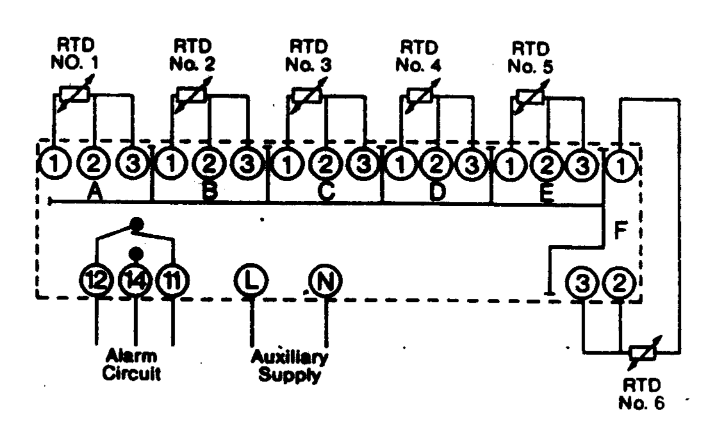
والشكل (٤ – ٢٧) يعرض المسقط الرأسى لريلاى ارتفـاع درجـة الحـرارة بمدخل واحـد يتـحـرر ذاتيـاً (الشكل أ)، ويتـحـرر بواسطة ضـاغط يدوى على وجـه الريلاى، وآخـر يتم توصيله من بعد (الشكل ب) من إنتاج شركة Crompton.



الشكل (٤ – ٢٧)

٤ / ١١ / ٢ – ريلاى ارتفـاع درجـة الحـرارة بستة مداخل Hot Spot 6 Relay

ويقـوم هذا الريلاى بمراقبـة درجة الحرارة فى ست مناطق مـخـتلفـة من المولدات الكهـربيـة، على سبـيل المثـال مـراقبـة درجـة حـرارة الملفـات المختلفـة، حيـث يدفن فى كل ملف مجس على هيئـة مقـاومة حـرارية RTD، وهـذا الريلاى مـزود بنقطة لمعايرة درجة حـرارة الفـصل لكل منطقـة. والشكل (٤ – ٢٨) يعـرض المسـقط الرأسى لريلاى ارتفـاع درجـة الحـرارة بسـتـة مـداخل من إنتـاج شـركـة Crompton.



الشكل (٤ – ٢٨)

نظرية عمل الريلاى:

يمثل المقاومة الحرارية RTD لكل منطقة ضلع من أضلاع قنطرة، فعند تغير درجة الحرارة تتغيرRTD ويحدث عدم اتزان للقنطرة، ويتم تكبير فرق الجهد الناتج عن عدم اتزان القنطرة بواسطة مكبر عمليات، ويتم مقارنة خرج كل مكبر بجهد المرجع المقابل لدرجة حرارة الفصل المعاير عليها RTD، للمنطقة، ويتم تشغيل مفتاح كهرومغناطيسى بواسطة خرج بوابة OR لها ستة مداخل للمناطق الستة، حيث يعمل المفتاح الكهرومغناطيسى عند ارتفاع درجة حرارة أحد المقاومات الحرارية RTD للمناطق الستة على الأقل. وكذلك يعمل المفتاح الكهرومغناطيسى إذا حدث فتح فى أحد عناصر RTD.

والجدير بالذكر أنه فى حالة عدم استخدام أحد المداخل A:F يجب عمل قصر على الأطراف الثلاثة 1,2,3 للمدخل غير المستخدم.

وعادة تستخدم مقاومات حرارية من البلاتين مقاومتها 100Ω، أو مقاومات من النحاس مقاومتها 10Ω.

٤ / ١٢ – ريلاى فقدان المجال Exitation Loss relay

عند تشغيل المولدات على التوازى، وعند انخفاض تيار مجال أحد المولدات فإن

تيار حتى سوف يدور بين المولدات، وهذا التيار يمكن اكتشافه بواسطة هذا الريلاى، ويعمل هذا الريلاى بفصل قاطع المولد الذى انخفض تيار مجاله؛ علماً بأنه يخصص لكل مولد ريلاى فقدان مجال.

ويقوم ريلاى فقدان المجال بمقارنة التيار مع الجهد للحصول على قيمة ISinϕ، فإذا كانت هذه القيمة حثية، وتعدت القيمة IN(0.5:1.5) تضىء لمبة البدء للريلاى Pick Up، ويعمل المؤقت الزمنى للريلاى على تأخير فصل المفتاح الكهرومغناطيسى للريلاى زمن يتراوح ما بين (2:20Sec) تبعاً للزمن المعاير عليه الريلاى، وعند انتهاء الزمن المعاير عليه الريلاى يتحول المفتاح الكهرومغناطيسى للريلاى لحالة ON، ويضىء موحد مشع.

وعادة يتم معايرة الريلاى على تيار يساوى 100% من التيار المقنن للمولد IN.

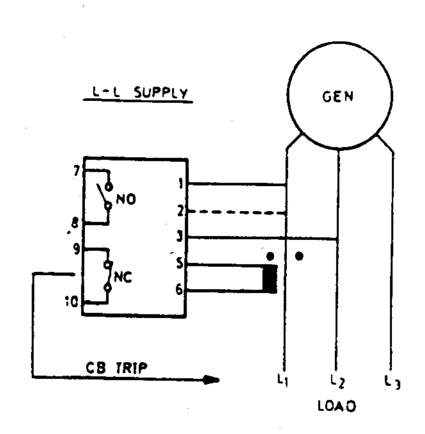
مثال:

مولد تياره المقنن 714A، واستخدم محول تيار له نسبة تحويل 800/SA فإن:

$$SET = \frac{714}{800} = 0.9\ I_N$$

وعادة يتم ضبط زمن تأخير ريلاى فقدان المجال على زمن تأخير أقل من زمن تأخير ريلاى زيادة التيار، وإلا فإن الأخير سيفصل أولاً.

والشكل (٤ – ٢٩) يبين مخطط توصيل ريلاى فقدان المجال من صناعة شركة SELCO. ويلاحظ ان الريشة المغلقة NC للريلاى يتم توصيلها بدائرة الفصل للقاطع الرئيسى للمولد، وتوصل النقطة 1 أو النقطة 2 بالوجه الذى يوضع فيه محول التيار.



الشكل (٤ – ٢٩)

٤ / ١٣ – ريلاى دائرة القصر Short Circuit relay

يستـخـدم هذا الريلاى فى حمـاية المولدات من القـصـر، حيث يقـوم الريلاى باكتشاف أعلى تيار من تيارات الأوجه الثلاثة، فإذا تعدت هذه القيمة المعاير عليها الريلاى، فإن الموحـد المشع الخاص بالبـدء Pick Up يضىء ويبـدأ المؤقت بالعـمل، وبعد انتهاء زمن المؤقت يفصل المفتاح المغناطيسى للريلاى، والذى يكون فى حالة تشغيل فى ظروف التشغيل العادية.

والجدير بالذكر أن هذا الريلاى يستخدم عادة عند استخدام كونتاكتور رئيسى لوصل وفصل المولد بدلاً من قاطع الدائرة CB.

والشكل (٤ – ٣٠) يبن المسقط الرأسى لريلاى دائرة القصر والمصنع بشركة SELCO.

11 12 13 14 15 16
T2300-01
2 3 0.4 0.7
1 4 0.1 1
440V
380V
X IN SEC
1 2 3 7 8 9 10

الشكل (٤ – ٣٠)

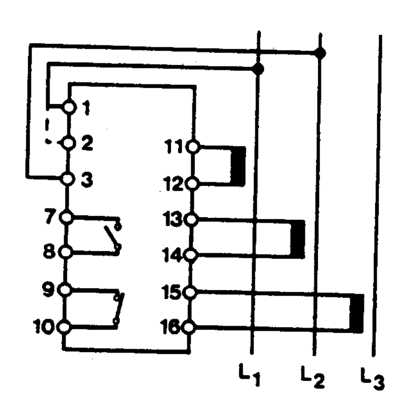
مثال :

لضبط ريلاى دائرة القصر :

إذا كان تيار المولد 695A، وكانت نسبة تحويل محول التيار المستخدم 800/5A، فإن النسبة المئوية لتيار القصر عند القصر باعتبار أن تيار الفصل يساوى $3I_N$ تساوى :

$$= \frac{3 \times 695}{800} = 2.6I_N$$

والشكل (٤ – ٣١) يبين مخطط توصيل ريلاى دائرة القصر مع خرج المولد .

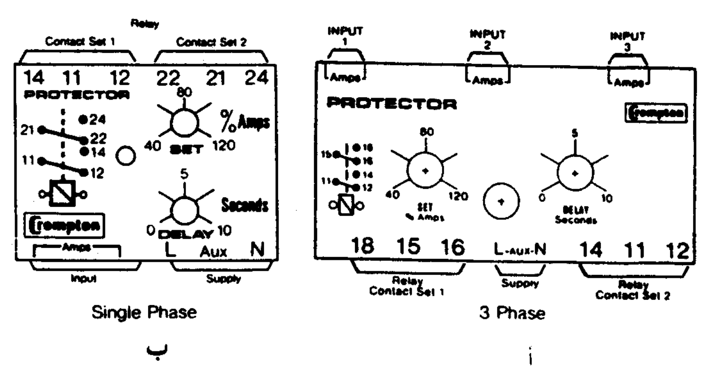


الشكل (٤ – ٣١)

٤ / ١٤ – ريلاى زيادة التيار Over Current relay

ويقوم هذا الريلاى بحماية المولدات من زيادة التيار، حيث يكتشف أعلى تيار من تيارات الأوجة الثلاثة، فإذا تعدت القيمة المعاير عليها الريلاى يعمل المؤقت، وبعد انتهاء زمن مؤقت الريلاى يفصل المفتاح الكهرومغناطيسى للريلاى والذى يكون فى حالة تشغيل فى ظروف التشغيل العادية . وعادة يستخدم هذا الريلاى عند استخدام كونتاكتور رئيسى لوصل وفصل المولد بدلاً من قاطع الدائرة CB .

والشكل (٤ – ٣٢) يبين المسقط الرأسى لريلاى زيادة التيار من إنتاج شركة Crompton ثلاثة أوجة (الشكل أ) ، ووجه واحد (الشكل ب).



الشكل (٤ – ٣٢)

ويزود ريلاى زيادة التيار بنقطتين للمعايرة وهما :

نقطة معايرة التيار كنسبة مئوية من التيار المقنن للريلاى	SET
نقطة معايرة التأخير الزمنى	DELAY

مثـال :

لضبط ريلاى زيادة التيار :

إذا كـان التـيـار المقنن للمـولد 695A ، واسـتـخـدم مـحـول تيـار له نسـبـة تحـويل 800/5A، فإذا أردنا أن يكون حد الفصل عند 1.1 من التيار المقنن للمولد فإن :

$$SET = \frac{1.1 \times 695}{800} = 0.96I_N$$

٤ / ١٥ – ريلاى التسرب الأرضى Earth Fault relay

يستخدم هذا الريلاى لحماية المولد من التسرب الأرضى، أى اتصال أحد الأوجه مع الأرضى عبر مقاومة كبيرة، فإذا كان تيار التسرب أكبر من القيمة المعاير عليها

الجهاز والتى تتراوح ما بين (0.02; 2IN) يضيء الموحد المشع للبدء Pick Up، ويبدأ مؤقت الريلاى فى العمل، وبعد زمن التأخير المعاير عليه المؤقت والذى تراوح ما بين (0.1:1S) يعمل المفتاح الكهرومغناطيسي للريلاى.

والشكل (٤ - ٣٣) يعرض المسقط الرأسى لريلاى تسرب أرضى من إنتاج شركة SELCO.

T2800-01
0.8 0.7 0.4 0.7
440 0.0 0.2 0.1 1
380
C1
1 2 3 5 6 7 8 9 10

الشكل (٤ - ٣٣)

ويزود ريلاى التسرب الأرضى بنقطتين للمعايرة وهما :

- نقطة معايرة تيار التسرب كنسبة مئوية من التيار المقنن للريلاى والذى يتراوح ما بين (0.02: 0.2IN).
- نقطة معايرة زمن التأخير الزمنى والذى يتراوح ما بين (0.1: 1Sec).

مثال لضبط ريلاى التسرب الأرضى :

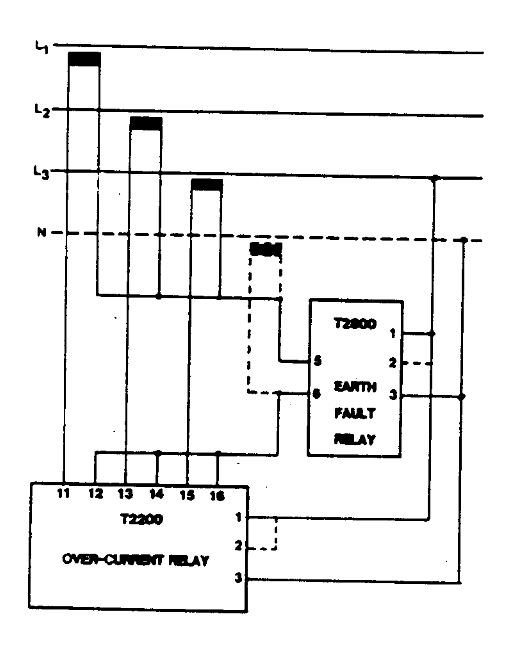
مولد له تيار مقنن 695A واستخدم محول تيار له نسبة تحويل 800/5A، فإذا أردنا أن يكون حد الفصل لتيار التسرب يساوى 0.1 من التيار المقنن للمولد، فإن النسبة المئوية لتيار الفصل الذى يعاير عليه الريلاى يساوى

$$\frac{0.1 \times 695}{800} = 0.08\ I_N$$

ويتم ضبط زمن التأخير عند (0.5Sec).

والشكل (٤-٣٤) يبين مخطط توصيل ريلاى زيادة تيار Over- Current

وريلاى تسرب أرضى Earth Fault ، من إنتاج شركة SELCO مع خرج المولد .



الشكل (٤ – ٣٤)

٤ / ١٦ – ريلاى السرعة Speed Sensing relay

تستخدم ريليهات زيادة السرعة لعدة أغراض مثل :

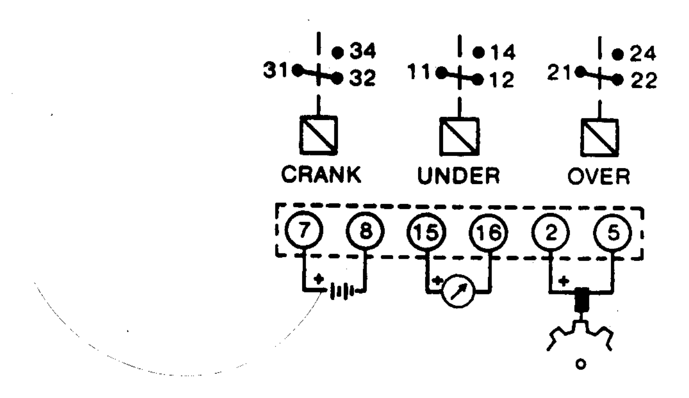
١ – فصل محرك بدء ماكينة الديزل عند عمل ماكينة الديزل .

٢ – مراقبة انخفاض السرعة .

٣ – مراقبة زيادة السرعة .

وسنتناول فى هذه الفقرة ريلاى سرعة من إنتاج شركة Crompton ، حيث يتم توصيل ريلاى السرعة بمجس سرعة Magnetic pick up [ارجع للفقرة ٢–٥ ، الشكل (٢ – ٢٠)] .

والشكل (٤ – ٣٥) يعرض مخطط التوصيل لريلاى السرعة والذى من إنتاج شركة Crompton .



الشكل (٤ - ٣٥)

ويحتوى الريلاى على ثلاثة مفاتيح كهرومغناطيسية داخلية كلٌ منها مزودة بريشة قلاب وهم كما يلى:

١- مفتاح كهرومغناطيس للبدء Crank ويعمل المفتاح عند وصول سرعة الماكينة عند البدء للسرعة المعاير عليها نقطة CRANK والتى تتراوح ما بين 10:50% من السرعة المقننة للريلاى.

٢- مفتاح كهرومغناطيسى لانخفاض السرعة Under، ويفصل عند انخفاض سرعة الماكينة عن السرعة المعاير عليها نقطة Under والتى تتراوح ما بين 50:100% من السرعة المقننة لريلاى السرعة.

٣- مفتاح كهرومغناطيسى لارتفاع السرعة Over، ويفصل عند زيادة سرعة الماكينة عن السرعة المعاير عليها نقطة Over، والتى تتراوح ما بين 100:130% من السرعة المقننة للريلاى.

ويوصل مجس السرعة magnetic pick up مع النقاط 2,5، ويوصل عداد سرعة مع النقاط 15,16، وتوصل أطراف البطارية بين النقاط 7,8.

مثال: لضبط ريلاى السرعة:

مولد سرعته 1500RPM يتم إدارته بماكينة ديزل، بحيث أن عدد أسنان ترس

الحدافة لها 120 سنة، وبالتالى يصبح التردد الخارج من مجس السرعة مساوياً :

$$F = \frac{n \times N}{60}$$

$$= \frac{120 \times 1500}{60} = 3000 \text{ HZ}$$

فإذا استخدم ريلاى سرعة له تردد مقنن 4000HZ، فإنه يمكن ضبط نقطة معايرة Crank عند 40% من السرعة المقننة للماكينة أى أن :

$$\text{Crank} = \frac{40 \times 3000}{4000} = 30 \%$$

ويمكن ضبط نقطة معايرة انخفاض السرعة عند 90% من السرعة المقننة للماكينة أى أن :

$$\text{Under} = \frac{90 \times 3000}{4000} = 67.5 \%$$

ويمكن ضبط نقطة معايرة زيادة السرعة عند 110% من السرعة المقننة للماكينة أى أن :

$$\text{Over} = \frac{110 \times 3000}{4000} = 82.5\%$$

الباب الخامس

أجهزة التحكم فى وحدات التوليد
العاملة بماكينات الديزل

أجهزة التحكم فى وحدات التوليد العاملة بماكينات الديزل

٥ / ١ - منظمات الجهد Voltage Regulators

يقوم منظم الجهد بالمحافظة على ثبات جهد الخرج للمولد مهما تغير الحمل.

وتختلف منظمات الجهد تبعًا لنوع المولد ويمكن تقسيم منظمات الجهد بصفة عامة إلى:

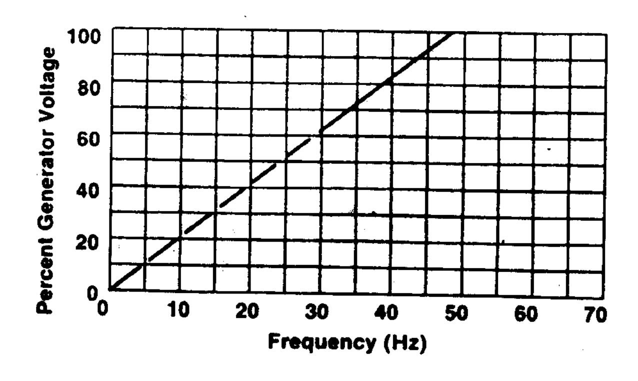
١ - منظمات جهد لمولدات بدون فرش كربونية وبتغذية ذاتية.

٢ - منظمات جهد لمولدات بدون فرش كربونية وبتغذية منفصلة.

ولقد استطاعت الشركات المصنعة لمنظمات الجهد اضافة إمكانيات أخرى لهذه المنظمات مثل:

١ - تحديد التيار الأقصى لخرج المولد.

٢ - تخفيض جهد خرج المولد تبعًا لمعامل قدرة المولد، وهذه الخاصية تسمى Inductive Droop، وهى مفيدة جداً عند التوصيل على التوازى، كما سيتضح فيما بعد.



الشكل (٥ - ١)

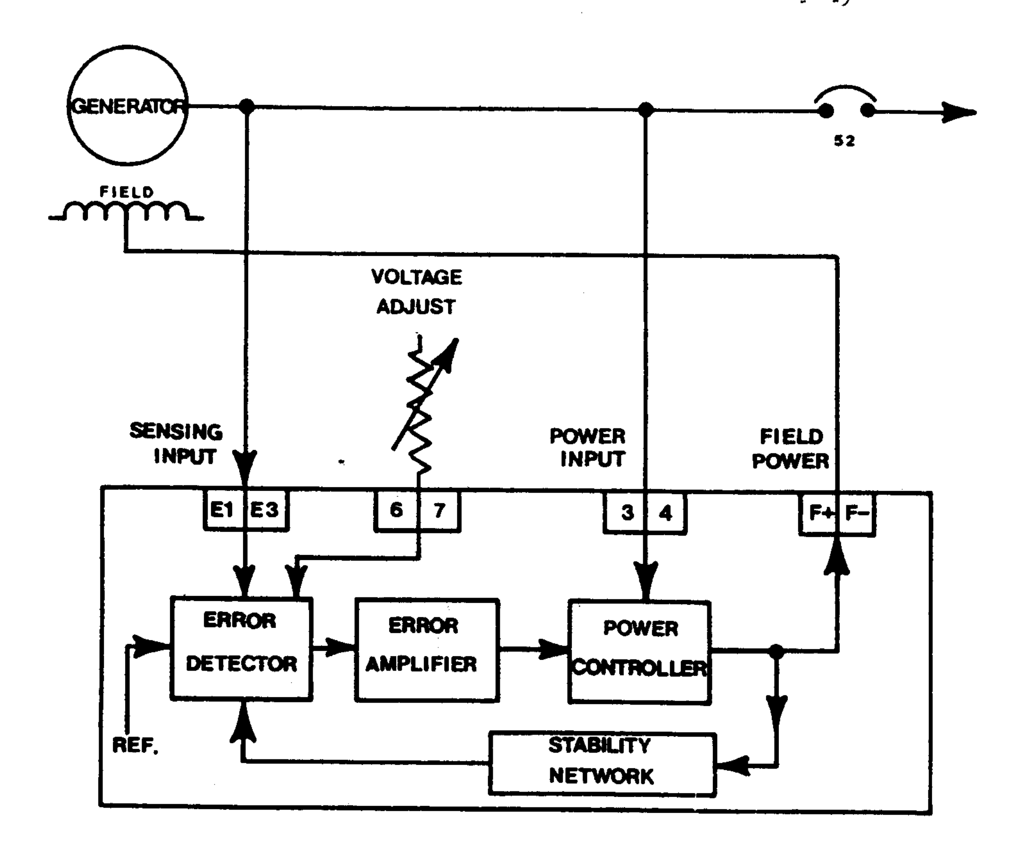
٣ – تخفيض جهد خرج المولد تبعًا لتردد خرج المولد Frequency Compensation كما بالشكل (٥ – ١) والذى يعرض العلاقة بين النسبة المئوية لجهد أطراف المولد (المحور الرأسى) وتردد المولد (HZ) (المحور الأفقى) لمولد تردده 50HZ.

٤ – دائرة لفصل المولد عند زيادة جهد ملف مجال المولد Over excitation shut down.

٥ – دائرة لإعادة المغناطيسية المتبقية للمولدات ذات التغذية الذاتية Flash over Circuit.

٥ / ١ / ١ – منظمات جهد المولدات ذات التغذية الذاتية

الشكل (٥ – ٢) يبين المخطط الصندوقى لمنظم جهد من صناعة شركة Basler Electric الأمريكية.



الشكل (٥ – ٢)

ويتكون المنظم داخليًا من:

١ - دائرة الإحساس Sensing Circuit

وتتكون من محول يعمل على تخفيض جهد الخرج للمولد التزامنى، ثم توحيد خرج المحول بواسطة مجموعة من الموحدات، وتنعيم خرج الموحدات بمجموعة من المكثفات والملفات الخانقة.

٢ - دائرة الخطأ Error detector

وتقوم هذه الدائرة بإيجاد الفرق بين جهد المرجع REF الذى تم معايرته بواسطة مقاومة متغيرة والجهد الخارج من دائرة الإحساس.

٣ - مكبر الخطأ Error amplifier

ويعمل على تكبير خرج دائرة الخطأ والذى يمثل الفرق بين جهد المرجع والجهد المقابل لخرج المولد (Generator).

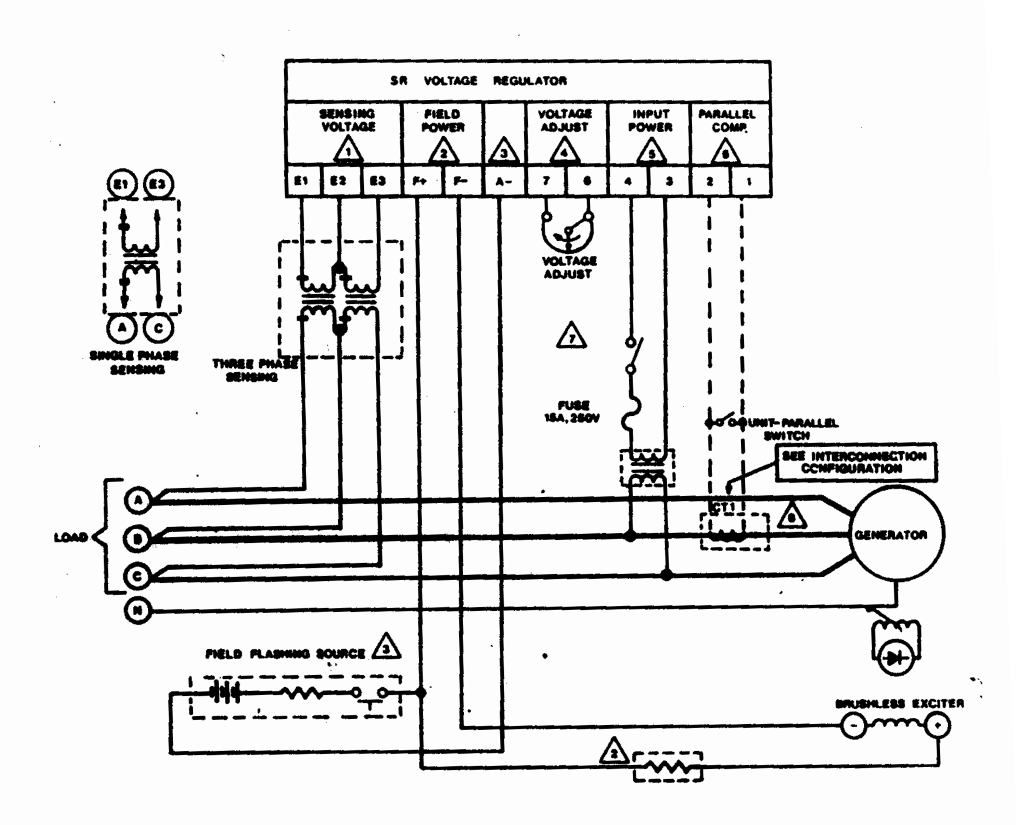
٤ - منظم القدرة Power Controller

ويكون هذا المنظم إما منظم تناسبى، أو منظم تناسبى تكاملى، أو منظم تناسبى تفاضلى تكاملى، ويعمل على التحكم فى جهد أطراف مجال مولد الإثارة تبعًا لخرج مكبر الخطأ.

٥ - دائرة الاستقرار Stability network

وهذه الدائرة تمنع حدوث تذبذب فى خرج منظم القدرة للوصول لحالة الاستقرار فى جهد خرج المولد.

والشكل (٥ - ٣) يبين مخطط توصيل منظم الجهد طراز SR4A من صناعة شركة Basler Electric Co.



الشكل (٥ – ٣)

حيث إن :

1 أطراف التغذية المرتدة E1, E2, E3 : ويتم توصيلها مع محول ثلاثى الأطراف إذا كان جهد أطراف المولد التزامنى يختلف عن الجهد المقنن لمداخل التغذية المرتدة والمعطاة من قبل الشركة، ويمكن استخدام محول جهد أحادى الوجه، حيث يوصل أطراف ملفه الابتدائى بالأوجه A,C للمولد، ويوصل أطراف الملف الثانوى مع الأطرافة E1, E3 كما هو واضح من الشكل (٥ – ٣).

2 أطراف المجال -F+, F : ويتم توصيلها مع ملف مجال مولد الإثارة عبر مقاومة ثابتة يمكن معرفة قيمتها من دليل الاستخدام الخاص بالمنظم.

3 أطراف إعادة المغناطيسية المتبقية A,F+ : وتوصل مع بطارية ومقاومة ضاغط

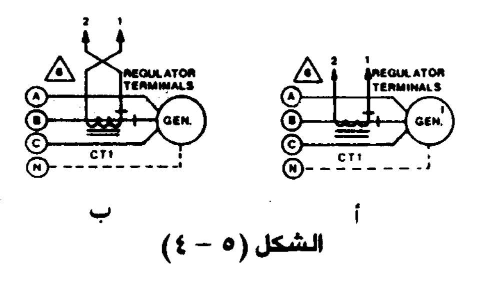
لإعادة المغناطيسية المتبقية لملف مجال مولد الإثارة عند فقدانها، وذلك عند توقف المولد مدة طويلة فى العراء بدون استخدام، وذلك بالضغط على الضاغط.

4 أطراف جهد المرجع 7, 6 : وتوصل مع مقاومة متغيرة يمكن معرفة قيمتها من دليل استخدام منظم الجهد.

5 أطراف القدرة الداخلة 3, 4 : وتوصل مع محول جهد أحادى الوجه بمخارج المولد التزامنى الرئيسى إذا كان الجهد المقنن للقدرة الداخلة يختلف عن الجهد المقنن للمولد التزامني، وتوصل هذه الأطراف مع المفتاح 7 عند فتحه يصبح جهد خرج المولد مساويا OV.

6 أطراف التعويض عند توصيل عدة مولدات على التوازى 1,2 : وتوصل هذه الأطراف مع محول تيار عند توصيل عدة مولدات تزامنية على التوازى. والشكل (٥ – ٤) يبين طريقة توصيل محول التيار إذا كان تتابع الأوجه A-B-C (الشكل أ)، وكذلك إذا كان تتابع الأوجه A-C-B (الشكل ب).

7 مفتاح يعمل على فصل التيار عن مولد الإثارة فى حالة الطوارئ ويوصل مع أطراف دخول القدرة الكهربية للمنظم.

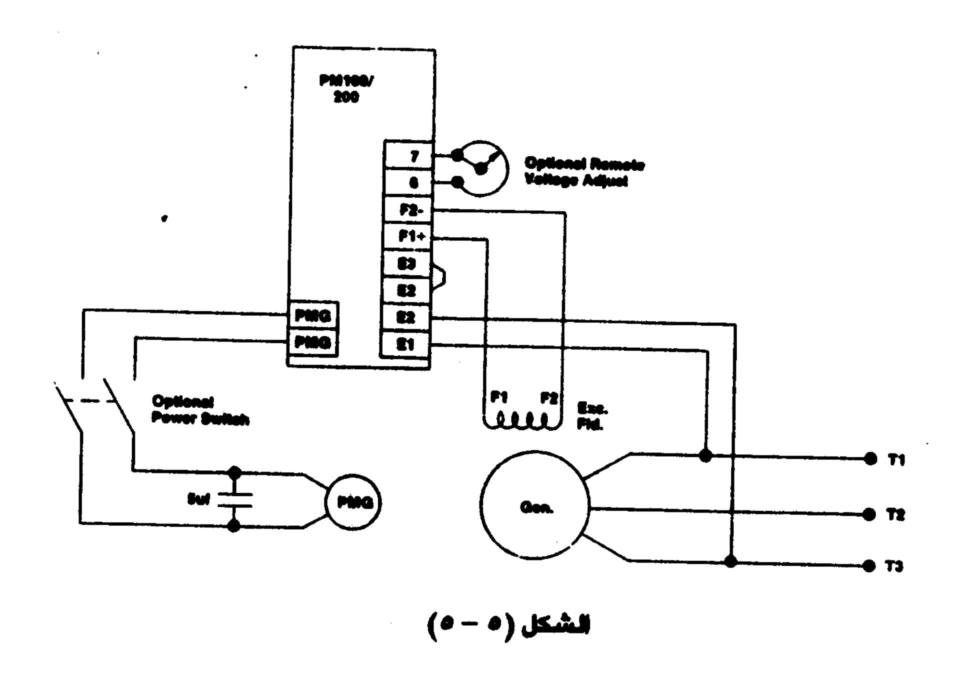


ب أ

الشكل (٥ – ٤)

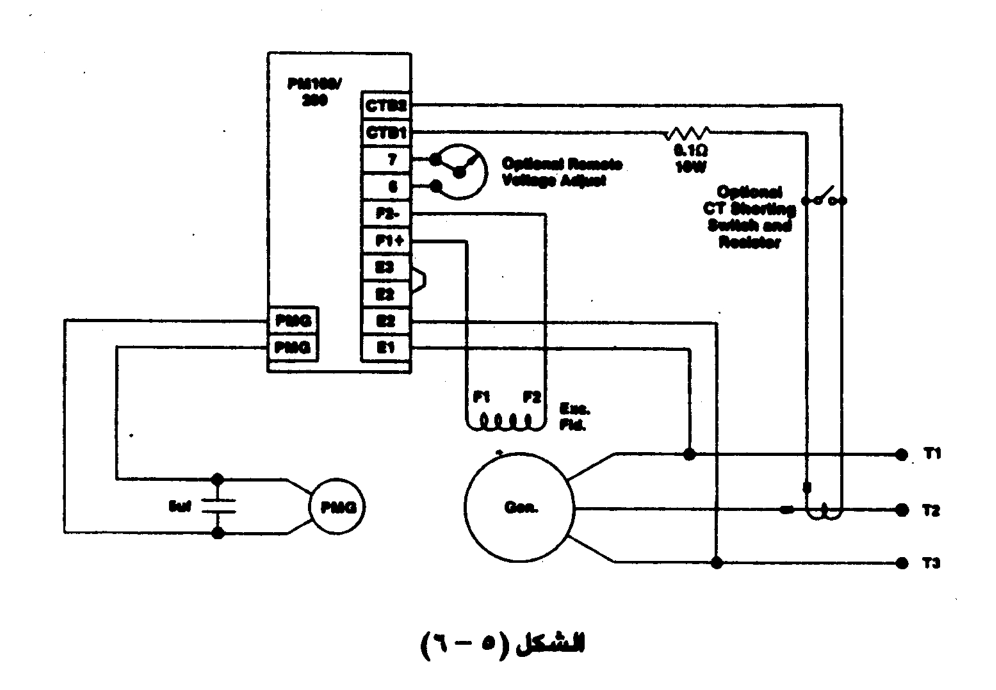
٥ / ١ / ٢ – منظمات الجهد للمولدات ذات التغذية المنفصلة

الشكل (٥ – ٥) يعرض طريقة توصيل منظم جهد من صناعة شركة Marathon Electric الأمريكية والذى يستخدم مع المولدات ذات التغذية المنفصلة مع استخدام تغذية مرتدة أحادية الوجه.



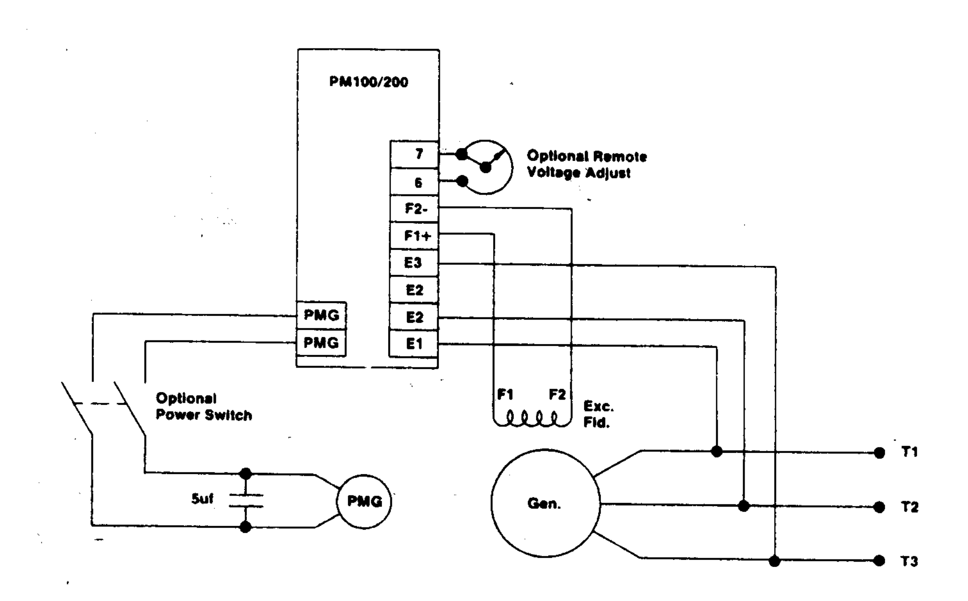
الشكل (٥ – ٥)

والشكل (٥ – ٦) يوضح طريقة توصيل منظم الجهد PM100/200 والمصنع بشركة Marathon electric الأمريكية عند الحاجة لتوصيل المولد مع مولدات أخرى على التوازى ، مع استخدام تغذية مرتدة أحادية الوجه؛ علمًا بأن التوصيلة المبينة عندما يكون تتابع الأوجه C-B-A أما إذا كان تتابع الأوجه A-B-C تبدل أطراف محول التيار مع الأطراف CTB1, CTB2 .



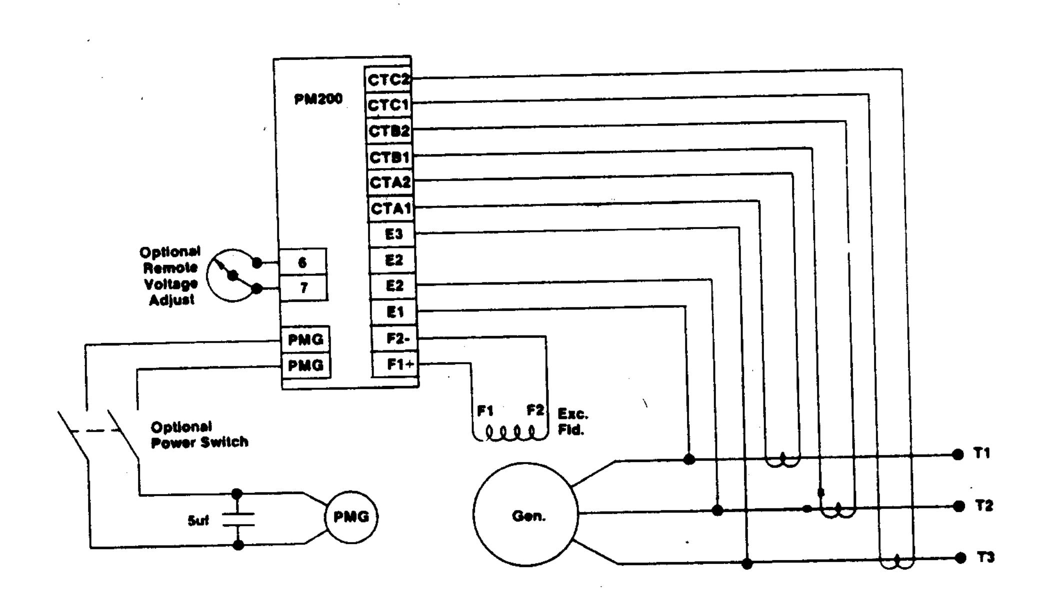
الشكل (٥ – ٦)

والشكل (٥ – ٧) يعرض مخطط توصيل منظم الجهد PM100/200، والمصنع بشركة Marathon electric الأمريكية مع استخدام تغذية مرتدة ثلاثية الوجه، وعند الحاجة لتوصيل المولد مع مولدات أخرى على التوازى؛ علمًا بأن التوصيلة المبينة عندما يكون تتابع الأوجه C-B-A، أما إذا كان تتابع الأوجه A-B-C تبدل أطراف محول التيار مع الأطراف CTB1-CTB2.



الشكل (٥ – ٧)

والشكل (٥ – ٨) يوضح طريقة توصيل منظم الجهد PM200، والمصنع بشركة Marathon electric الأمريكية من أجل تحديد تيار القصر، حيث يستخدم ثلاثة محولات تيار محول لكل وجه مع استخدام تغذية مرتدة ثلاثية الوجه؛ علماً بأن هذه التوصيلة عندما يكون تتابع الأوجه C-B-A، وفى حالة إذا كان تتابع الأوجه A-B-C تبدل أطراف محول التيار الموصلة مع الأطراف CTB1-CTB2، وبهذه التوصيلة يمكن توصيل المولد مع مولدات أخرى على التوازى.



الشكل (٥ – ٨)

ويلاحظ فى جميع الأشكال المبينة فى هذه الفقرة ما يلى :

١ – الأطراف PMG, PMG توصل مع المولد الأحادى الوجه ذات المغناطيس الدائم لتغذية منظم الجهد بالقدرة الكهربية اللازمة .

٢ – الأطراف 6, 7 توصل بمقاومة متغيرة للتحكم فى جهد المرجع REF من بعد .

٣ – الأطراف F_1+F_2- توصل بملف مجال مولد الإثارة .

٤ – الأطراف E_1+E_2, E_3 توصل بملف مجال مولد الإثارة .

٥ – الأطراف CTA_1, CTA_2 توصل بمحول التيار الموجود على الوجه A .

٦ – الأطراف CTB_1, CTB_2 توصل بمحول التيار الموجود على الوجه B .

٧ – الأطراف CTC_1, CTC_2 توصل بمحول التيار الموجود على الوجه C .

٨ – يمكن توصيل مفتاح بالتوازى مع الأطراف CTB1, CTB2، حيث يغلق هذا المفتاح عند تشغيل المولد بمفرده .

٩ – يمكن توصيل أطراف المولد الأحادى ذات المغناطيس الدائم PMG بمفتاح

قطبين، فإذا كان المفتاح على وضع OFF يصبح خرج المولد 0V.

٥ / ١ / ٣ - نقاط المعايرة فى منظمات الجهد

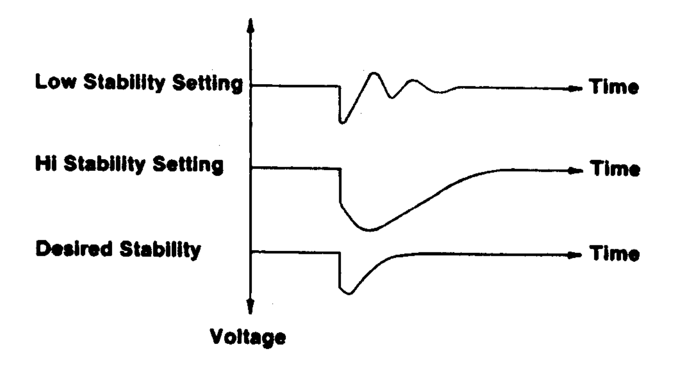
يوجد العديد من نقاط المعايرة فى منظمات الجهد مثل:

١ - نقطة المعايرة الدقيقة للجهد Fine adjustment: وتستخدم لضبط جهد الخرج للمولد فى المدي ±10% من الجهد المقنن.

٢ - نقطة المعايرة غير الدقيقة للجهد: coarse adj وتستخدم للضبط غير الدقيق لجهد خرج المولد.

٣ - نقطة معايرة الاستقرار Stability adjustment وتستخدم فى التحكم فى زمن الاستجابة عند تغير أحمال المولد، فزيادة الاستقرار يعنى زيادة زمن الاستجابة، وتقليل الاستقرار يعنى تقليل زمن الاستجابة، وعادة ينصح بتقليل زمن الاستجابة مع ملاحظة خرج المولد بواسطة جهاز فولتميتر، حيث يتم قطع القدرة الداخلة عن منظم الجهدة لمدة ثانية إلى ثانيتين، ومراقبة الجهد على أطراف المولد بواسطة الفوليتمير، فإذا لم يتغير فإن هذا يعنى أن الاستقرار جيد، أما إذا تغير الجهد يجب زيادة الاستقرار.

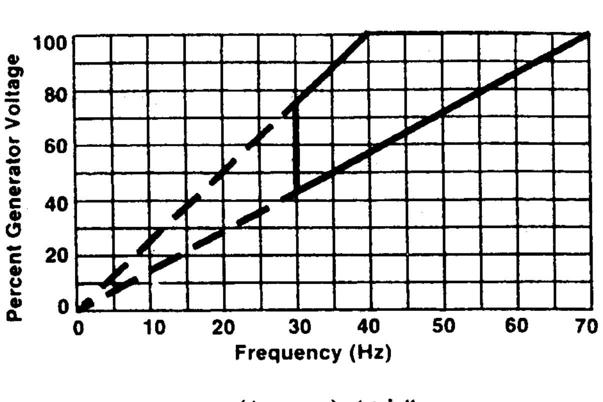
والشكل (٥ - ٩) يعرض العلاقة بين جهد الخرج والزمن فى حالة الاستقرار المنخفض LOW Stability، والاستقرار العالى HI Stability، والاستقرار المثالى Desired Stability.



الشكل (٥ - ٩)

٤- نقطة معايرة انخفاض التردد under Frequency Adj : وتستخدم هذه المعايرة فى ضبط ميل الجهد / التردد كنسبة ثابتة، وذلك عند اختيار تشغيل المولد تحت وظيفة انخفاض الجهد وفى حالة عدم اختيار وظيفة انخفاض الجهد مع التردد، فإن جهد المولد يكون ثابتًا مع أى قيمة للتردد. والشكل (٥- ١٠) يبين حدود معايرة $\left(\frac{\text{الجهد}}{\text{التردد}}\right)$ وتتراوح ما بين (7 /10 : 4 /10).

والجدير بالذكر أن عمل المولد تحت وظيفة انخفاض الجهد مع التردد مفيد جدًا عند تغذية المحركات الكهربية، حيث تجعل المحركات الكهربية تعمل بأمان عندما تقل سرعة المولد والذى ينتج عنه انخفاض لتردد خرج المولد.



الشكل (٥ - ١٠)

٥- نقطة معايرة انخفاض الجهد مع الأحمال الحثية Droop adjustment : وتستخدم هذه المعايرة عند توصيل المولدات على التوازى وينصح بضبط Droop، وذلك عند تشغيل المولد بمفرده وتحميله عند الحمل الكامل بحمل معامل قدرته 0.8 متأخر، ثم يتم ضبط Droop وصولاً لنسبة التخفيض المطلوبة فى الجهد.

وبعد الضبط إذا تم تحميل المولد بحمل حثى ولم يقل الجهد يجب مراجعة قطبية محول التيار المركب على الوجه B.

٦- نقطة معايرة حدود تيار المولد Generator current limit adj ويمكن ضبط حدود تيار المولد ما بين (150% : 400%) من التيار المقنن، وتحدد قيمة تيار المولد الأقصى تبعًا لقيمة تيار القصر المتوقع عند القصر المتماثل (قصر على ثلاثة أوجه)، والقصر غير المتماثل (قصر على وجه أو وجهين مع التعادل) بحيث يكون هذا التيار كافيًا لفصل القاطع الرئيسى للمولد فى الوقت المناسب.

٥ / ٢ – منظمات السرعة Speed Governers

يمكن تقسيم منظمات السرعة إلى :

١ – منظمات سرعة يدوية .

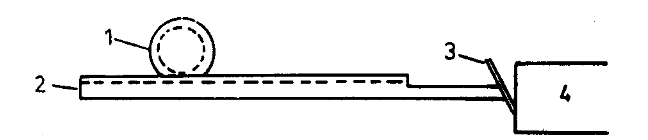
٢ – منظمات سرعة الكترونية .

٣ – منظمات سرعة هيدروليكية ولن نتناولها فى هذا الكتاب .

٥ / ٢ / ١ – منظمات السرعة اليدوية

ويستخدم مع هذه المنظمات مفتاح له ثلاثة أوضاع وهم :

(Lower - OFF- Raise) ويعمل هذا المفتاح علي التحكم فى تشغيل محرك كهربى يتم تحويل حركته الدوارة إلى حركة خطية باستخدام ترس وجريدة مسننة كما هو مبين بالشكل (٥ – ١١) .



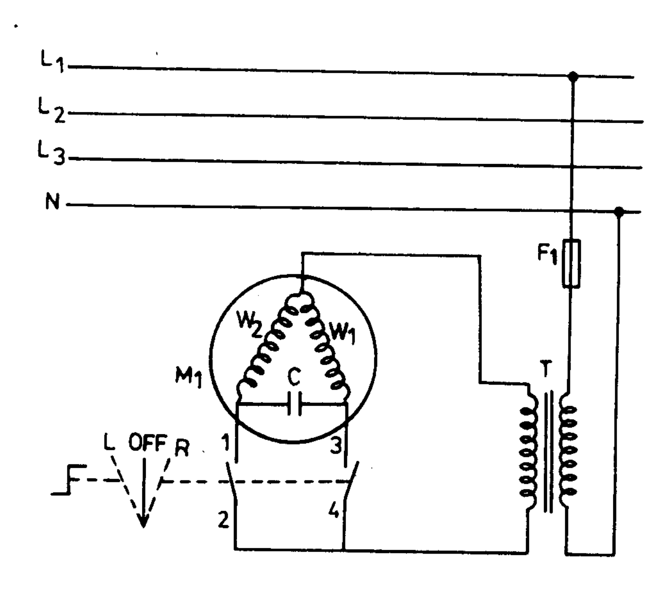
الشكل (٥ – ١١)

حيث إن :

ترس مـــــسـنن	1
جريدة مسننة	2
ذراع التحكم فى مضخة حقن ماكينة الديزل	3
مضخة حقن ماكينة الديزل	4

فعند دوران الترس 1 المثبت على عمود إدارة المحرك فى عكس عقارب الساعة تتحرك الجريدة المسننة من جهة اليمين، فيقل معدل الضخ للمضخة، وتباعًا تقل سرعة ماكينة الديزل والعكس بالعكس.

والشكل (٥ – ١٢) يعرض الدائرة الكهربية لمنظم السرعة اليدوى.



الشكل (٥ – ١٢)

حيث إن:

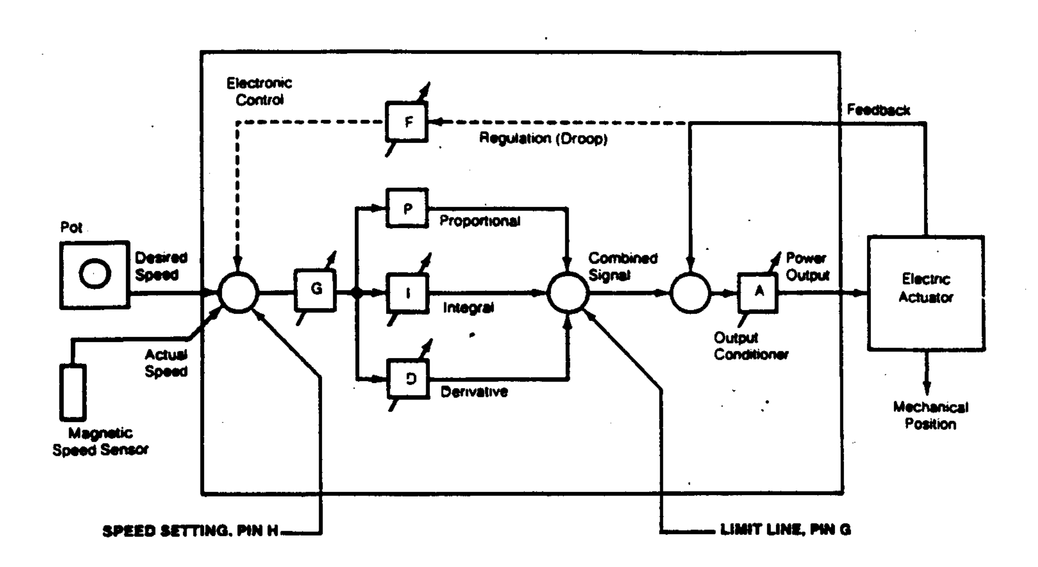
مصهر	F_1
مفتاح له ثلاثة أوضاع	S_1
محول	T
محرك أحادى الوجه	M_1

فعند وضع المفتاح S_1 على وضع تخفيض السرعة L، تغلق الريشة 2 -1/ S_1 فيصبح الملف W_2 ملف دوران، والملف W_2 ملف بدء، وذلك للمحرك M_1 فيدور المحرك عكس عقارب الساعة، وتتحرك الجريدة المسنة جهة اليمين وتقل سرعة ما كينة الديزل. وعند وضع المفتاح S_1 على وضع زيادة السرعة R تغلق الريشة 3-4 / S_1 فيصبح الملف W_1 ملف دوران ويصبح الملف W_2 ملف بدء ويدور المحرك فى اتجاه عقارب الساعة، وتتحرك الجريدة المسننة جهة اليسار وتزيد سرعة ماكينة الديزل.

وعند وضع المفتاح S_1 على وضع OFF تفتح الريشة 2 -1/ S_1 والريشة 3-4/ S_1 ويتوقف المحرك.

٥ / ٢ / ٢ - منظمات السرعة الالكترونية

الشكل (٥ - ١٣) يعرض المخطط الصندوقي لمنظم سرعة الكترونى من صناعة شركة Barber - Colman company الأمريكية .



الشكل (٥ - ١٣)

حيث إن :

مقاومة متغيرة لاختيار السرعة المطلوبة	Pot
مجس السرعة	Magnetic speed sensor
مقارن	C
مكبر	G
منظم تناسبى	P
منظم تفاضلى	D
منظم تكاملى	I
جامع	Combined signal

دائرة القدرة	A
عنصر الفعل الكهربى	Electric actuator
دائرة تخفيض السرعة مع الحمل	F

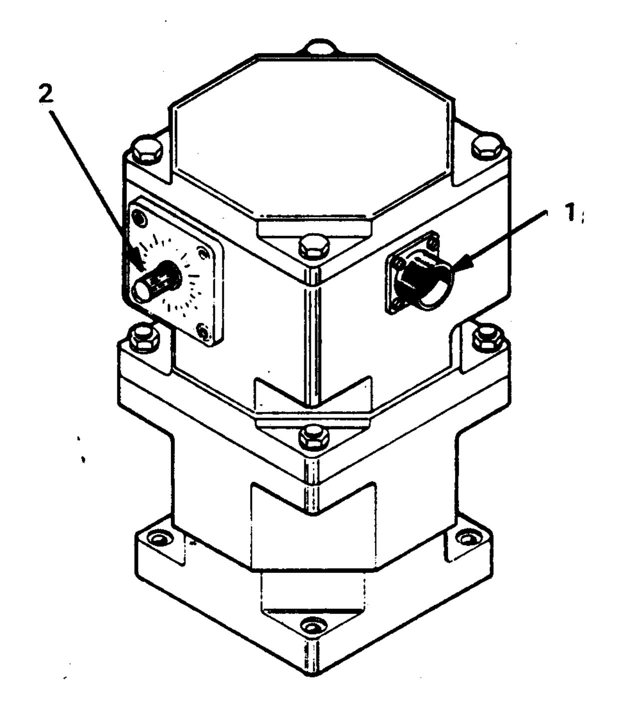
نظرية عمل منظم السرعة:

بواسطة المقاومة المتغيرة Pot، يتم ضبط جهد المرجع عند السرعة المرغوبة، ويعمل المقارن C على إيجاد الفرق بين جهد المرجع والقادم من Pot مع الجهد المقابل للسرعة الفعلية للمولد والقادم من مجس السرعة Magnetic speed sensor، ويعمل المكبر G على تكبير خرج المقارن C، ثم يدخل خرج المكبر G على المنظمات الالكترونية P, I, D، وخرج المنظمات تدخل على المقارن C والذى يعمل على مقارنة خرج المنظمات مع إشارة التغذية المرتدة لموضع عنصر الفعل الكهربى، وخرج المقارن C يدخل على دائرة القدرة A لتهيئة خرج المقارن C، حتى يناسب عنصر الفعل الكهربى، وتبعًا لخرج دائرة القدرة A، ويتغير وضع عنصر الفعل الكهربي وصولاً لمعدل الضخ المناسب للسرعة المطلوبة. ويمكن إضافة موديول تقليل السرعة مع الأحمال F، وهذا الموديول مفيد عند تشغيل المولد مع مولدات أخرى على التوازى كما سيتضح فيما بعد.

والشكل (٥ - ١٤) يعرض نموذجًا لعنصر فعل كهرومغناطيسى من إنتاج شركة Barber co!man CO.، يعمل على التحكم فى مضخة حقن الوقود لماكينة الديزل، ومن ثم التحكم فى سرعة ماكينة الديزل.

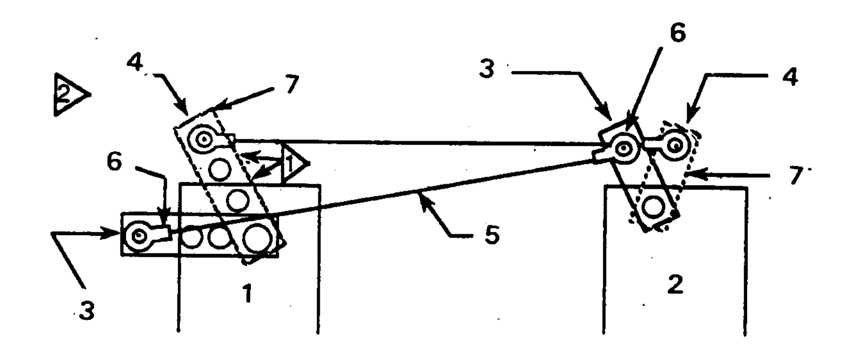
حيث إن:

مدخل الموصلات	1
عمود يدور فى الاتجاهين ويتحكم فى مضخة الوقود الدوارة	2



الشكل (٥ – ١٤)

والشكل (٥ – ١٥) يوضح طريقة التحكم فى سرعة ما كينة ديزل بواسطة عنصر فعل دوار كالمبين فى الشكل السابق، يتحكم فى مضخة وقود دوارة، فنقطة البداية لعمود عنصر الفعل تقابل السرعة الصغرى Min، ونقطة النهاية تقابل السرعة القصوى.

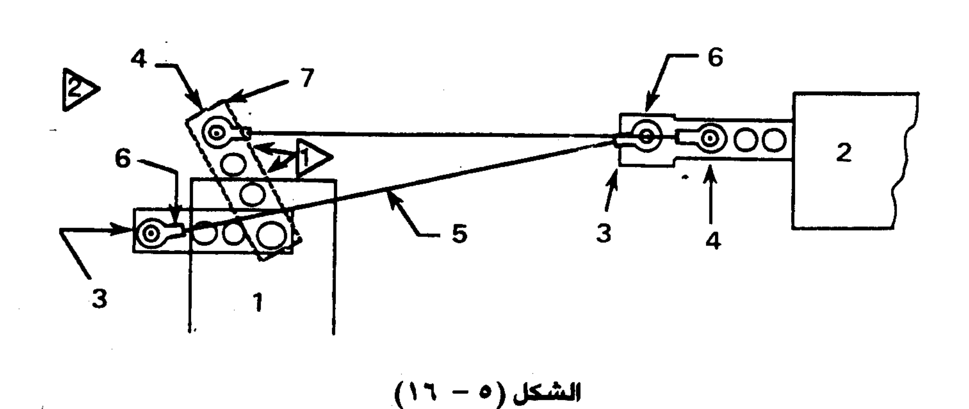


الشكل (٥ – ١٥)

حيث إن :

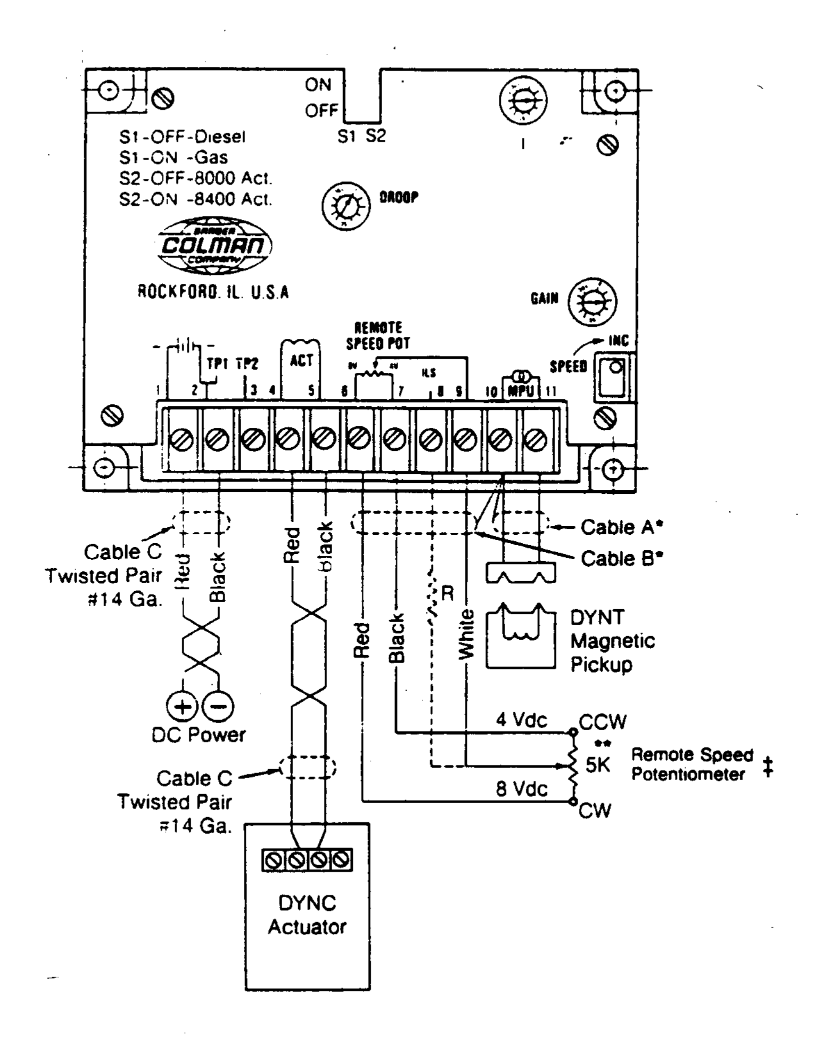
عنصر الفعل	1
مضخة الحقن الدوارة	2
وضع أقل معدل ضخ للوقود	3
وضع أعلى معدل ضخ للوقود	4
عمود	5
مفصل	6
ذراع توصيل	7

والشكل (٥ – ١٦) يعرض طريقة التحكم فى سرعة ماكينة ديزل باستخدام عنصر فعل دوار يتحكم فى مضخة حقن خطية. علماً بأن العناصر الموجودة فى هذا الشكل لا تختلف عن العناصر الموجودة فى الشكل السابق.



الشكل (٥ – ١٦)

والشكل (٥ – ١٧) يعرض مخطط توصيل منظم سرعة الكترونى من صناعة شركة Barber colman Co. الأمريكية.



الشكل (٥-١٧)

حيث يتم تغذية منظم السرعة بجهد +24V من الأطراف 1, 2، بواسطة كابل مجدول للتقليل من تدخلات الراديو، ويستخدم كذلك قاطع 10A. وتوصل الأطراف 4, 5 بعنصر الفعل الكهرومغناطيسي، ويتم توصيل الأطراف 9 ,7 ,6 بمقاومة متغيرة 5KΩ للتحكم بعد في جهد المرجع المقابل للسرعة المرغوبة.

أما الأطراف 10, 11 فتوصل بمجس السرعة Magnetic Pick up.

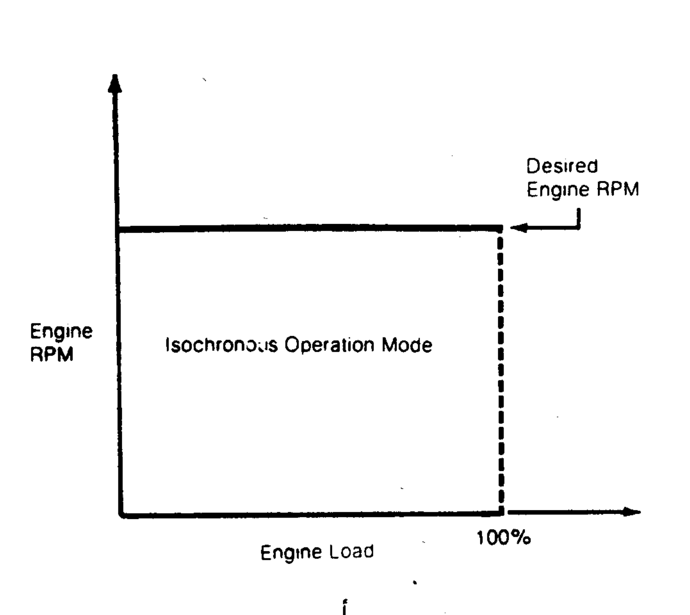
وأهم نقاط المعايرة فى منظمات السرعة ما يلى :

١ - نقطة معايرة السرعة Speed adjust وتستخدم فى ضبط جهد المرجع عند السرعة المطلوبة.

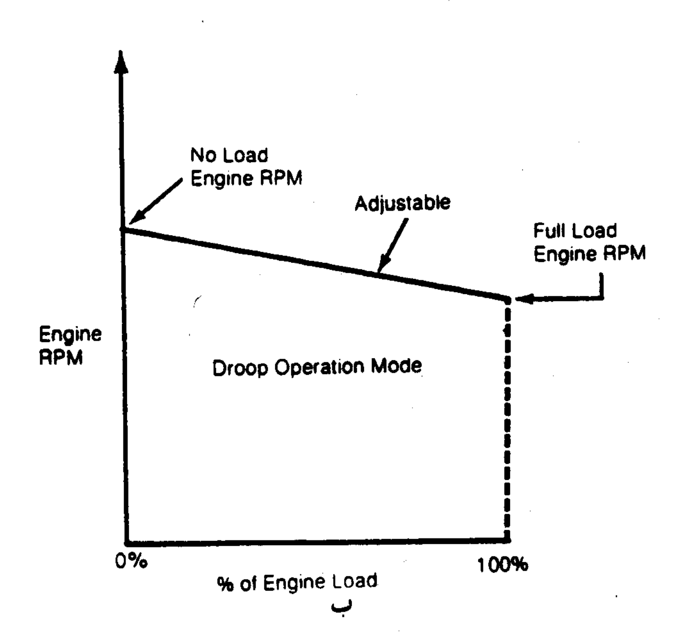
٢ - نقطة معايرة معدل انخفاض السرعة مع زيادة الحمل Droop.

والشكل (٥ - ١٨) يبين العلاقة بين سرعة الماكينة RPM، والنسبة المئوية لحمل الماكينة % Of Enginel lood

ففى (الشكل أ) فإن السرعة ثابتة عند أى قيمة للحمل، وتستخدم هذه الخاصية عند تشغيل المولد بالتوازى مع مولدات أخرى Is- chronous Opera- tion Mode.



أ



ب

الشكل (٥ - ١٨)

وفى (الشكل ب) فإن السرعة تقل كلما ازداد الحمل، ويمكن ضبط معدل الانخفاض فى السرعة مع زيادة الحمل بواسطة نقطة Droop، وتستخدم هذه الخاصية بالتوازى مع الشبكة الموحدة (الكهرباء العمومية) Droop operation mode.

ولمزيد من التفاصيل ارجع للفقرة (٦ – ٥).

٥ / ٣ – وحدة التحكم فى الماكينة Engine control unit (Ecu)

تقوم وحدة التحكم الالكترونية فى الماكينة بالتحكم فى بدء الماكينة يدويًا أو أتوماتيكيًا، وكذلك مراقبة أداء الماكينة وإعطاء بيان بالمشاكل التي قد تتعرض لها الماكينة أثناء الدوران أو عند بدء الدوران مثل :

١ – انخفاض ضغط زيت الماكينة Low pressure.

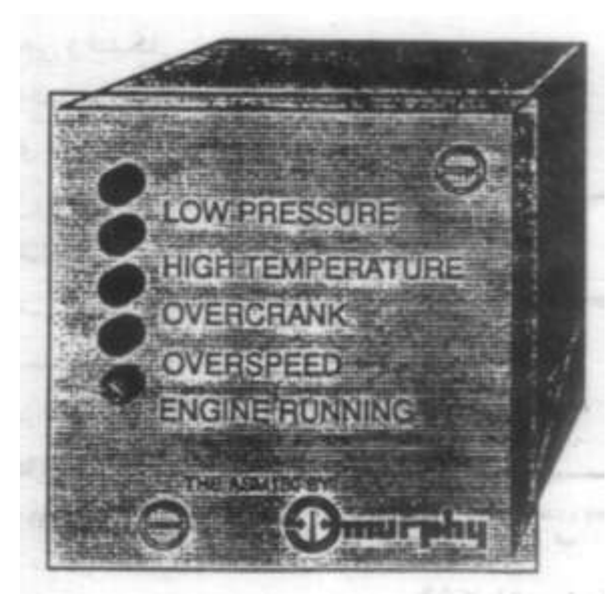
٢ – ارتفاع درجة حرارة ماء تبريد الماكينة High temperature.

٣ – فشل الماكينة فى البدء مع تعدى الزمن الأقصى المسموح به Over crank.

٤ – زيادة سرعة الماكينة عن 15% من السرعة المقننة Over speed.

بالإضافة إلى إعطاء بيان عن الدوران الطبيعى Engine Running.

والشكل (٥ – ١٩) يعرض نموذجًا لوحدة تحكم فى الماكينة طراز ASM 150 من إنتاج شركة Murphy co. الأمريكية.



الشكل (٥ – ١٩)

ويوجد على وجه وحدة التحكم فى الماكينة أربع وحدات مشعة حمراء لبيان الأعطال المختلفة، وموحد مشع أخضر لبيان حالة الدوران الطبيعي.

وتزود وحدة التحكم فى الماكينة بنقطة لمعايرة السرعة القصوى المسموح بها، وتزود أيضًا نقطة معايرة زمن الوصل عند البدء crank cycle ونقطة معايرة زمن الفصل عند البدء،crank disconnect ونقطة معايرة عدد مرات محاولة البدء crank cycle attempt.

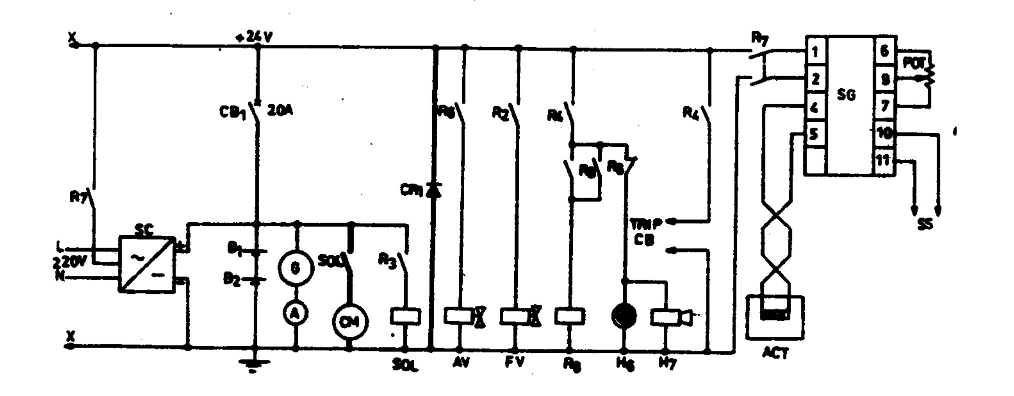
وعادة يتم ضبط نقطة معايرة السرعة القصوى عند 115% من السرعة المقننة للماكينة، ويتم ضبط عدد مرات محاولة البدء مساويًا 4 مرات وضبط زمن الوصل والفصل عند البدء مساويًا 10S (عشر ثوان).

والشكل (٥ – ٢٠) يعرض مخطط التوصيل الكهربى لوحدة التحكم فى الماكينة ECU، وكذلك منظم السرعة SG.

حيث إن:

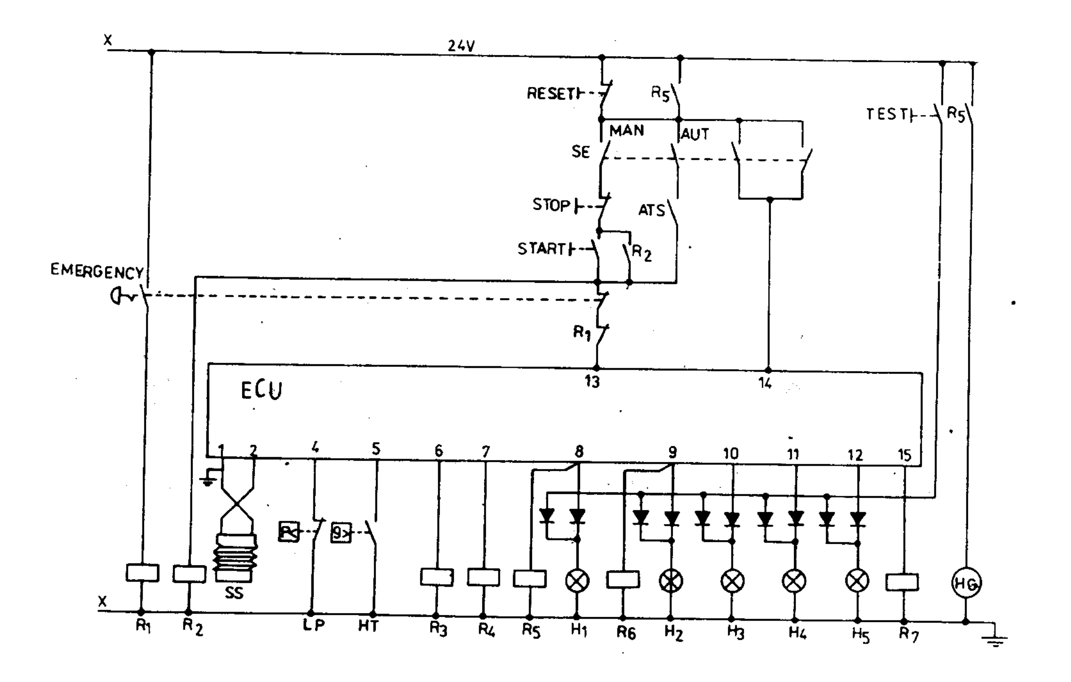
مفتاح اختيار نوعية التشغيل للماكينة	SE
ضاغط تحرير الخطأ	Reset
ضاغط الإيقاف اليدوى	Stop
ضاغط التشغيل اليدوى	Start
ضاغط اختبار لمبان البيان	Test
ضاغط إسكات الإنذار الصوتى	Silence
ريشة من مفتاح الانتقال الأتوماتيكى	ATS
مجس السرعة	SS
مفتاح انخفاض ضغط الزيت	SP
مفتاح ارتفاع درجة حرارة الماء	ST
ريلاى إيقاف الطوارئ	R_1

ريلاى التشغيل اليدوى	R_2
ريلاى البدء	R_3
ريلاى الخطأ العام فى الماكينة	R_4
ريلاى دوران الماكينة	R_5
ريلاى زيادة سرعة الماكينة	R_6
ريلاى التحكم فى تشغيل منظم السرعة	R_7
ريلاى إسكات الإنذار الصوتى	R_8
لمبة بيان دوران الماكينة	H_1
لمبة بيان زيادة السرعة	H_2
لمبة بيان تعدى زمن البدء	H_3
لمبة بيان زيادة درجة الحرارة	H_4
لمبة بيان انخفاض ضغط الزيت	H_5
بطاريتان موصلتان على التوالى	B
مولد شحن البطارية	G
جهاز قياس تيار الشحن	A
محرك بدء الماكينة	CM
ملف تشغيل محرك البدء	SDL
صمام خنق مدخل هواء الماكينة الثنائية الأشواط	AV
صمام الوقود	FV
موحد يفصل القاطع عند انعكاس قطبية البطاريات	CR_1
وحدة شحن البطاريات الالكترونية عند وجود الكهرباء العمومية	SC
قاطع حماية دائرة التحكم فى الماكينة	CB_1



مخطط (١)

الشكل (٥ - ٢٠)



مخطط (٢)

الشكل (٥ - ٢١)

لمبة الإنذار الوماضة	H6
بوق الإنذار	H7
إلى فصل القاطع الرئيسى للمولد	To Trip CB
جاكم السرعة الالكترونى	SG
مقاومة ضبط السرعة	POT
عنصر الفعل الكهرومغناطيسى	ACT

نظرية التشغيل:

عند وضع مفتاح اختيار الماكينة SE على وضع التشغيل اليدوى Man، تغلق ريشة Man، وعند الضغط على ضاغط بدء الماكينة Start يكتمل مسار تيار ريلاى البدء اليدوى R2، ويحدث إمساك ذاتى للريلاى بعد إزالة الضغط عن ضاغط البدء Start بواسطة الريشة المفتوحة R2، ويصل تيار كهربى لدائرة التحكم فى الماكينة ECU للنقطة 13، فيخرج جهد على الأطراف 15و6 فيعمل كلٌ من الريلاى R3 (ريلاى البدء)، والريلاى R7 (ريلاى الوقود)، فتغلق الريشة المفتوحة R3 فيعمل ملف تشغيل محرك البدء SOL، ومن ثمَّ يعمل محرك البدء، وفى نفس الوقت يصل الوقود لمضخة الحقن نتيجة لاكتمال مسار تيار صمام الوقود F.V حيث تغلق الريشة المفتوحة R2، ويعمل منظم السرعة SG بعد غلق ريش الريلاى R7 على التحكم فى مضخة الحقن، ومن ثم التحكم في معدل تدفق الوقود، وعند الدوران الفعلى للماكينة فإن سرعة الماكينة سترتفع، وتصل إشارة جهد من عنصر الإحساس بالسرعة SS بالتردد المقابل للسرعة الفعلية للماكينة إلى الأطراف 2و1 لوحدة التحكم فى الماكينة، وكذلك الأطراف 5و4 لحاكم السرعة SG، فينقطع التيار الكهربى عن النقطة 6 لدائرة التحكم فى الماكينة ECU، فى حين يصل تيار كهربى إلى النقطة 8 لوحدة التحكم فى الماكينة فيعمل الريلاى R5 (ريلاى دوران الماكينة)، وكذلك يعمل عداد الساعات HG. ويقوم حاكم السرعة الالكترونى بضبط سرعة الماكينة عند السرعة المرغوبة والمعايرة بواسطة المقاومة المتغيرة POT.

المشاكل:

١ – عند زيادة سرعة الماكينة عن ٪ 15 من السرعة المقننة والمعايرة بواسطة POT يعمل كلٌ من الريلاى R6، ولمبة البيان H2، وكذلك ريلاى الخطأ العام R4 فيغلق صمام الهواء AV، ويمنع دخول الهواء للماكينة وفى نفس الوقت تقطع وحدة التحكم فى الماكينة التيار الكهربى عن وحدة الفعل ACL، فتتوقف الماكينة فى الحال، وكذلك يعمل البوق H7، ولمبة الإشارة الوماضة H6، فينتبه المشغل ويقوم بالضغط على ضاغط إسكات البوق Silence، فيعمل R8 ويفتح ريشته وينقطع مسار تيار الماكينة. وعند معالجة مشكلة زيادة السرعة يمكن الضغط على ضاغط التحرير Reset، لإعادة وحدة التوليد لحالتها الطبيعية.

٢ – عند محاولة بدء الماكينة فى بادىء الأمر، فإن وحدة ECU تمرر تيار كهربى إلى النقطة 6، والنقطة 15، وتعطى وحدة التحكم فى الماكينة أربع محاولات للبدء كل مرة 10 ثوان، وللتوقف 10 ثوان أخرى، وفى حالة فشل الماكينة فى البدء تضىء لمبة تعدى زمن البدء H3، ويعمل ريلاى الإنذار العام R4 وتباعًا يعمل البوق H7، وتضىء لمبة الإشارة الوماضة H6، ويمكن للمشغل إسكات البوق بواسطة ضاغط الإسكات Silence، ويمكن العودة للحالة الطبيعية بواسطة ضاغط التحرير Reset.

٣ – عند ارتفاع درجة حرارة ماء التبريد. فإن مفتاح درجة الحرارة ST سوف يغلق، فتتصل النقطة 5 لوحدة التحكم فى الماكينة بالأرضى فتقطع وحدة التحكم فى الماكينة ECU التيار الكهربى عن R7، فينقطع التيار الكهربى عن حاكم السرعة، والذى يقوم بدورة بفصل التيار الكهربى عن وحدة الفعل ACT، فتتوقف الماكينة، وفى نفس الوقت يعمل ريلاى الخطأ العام للماكينة R4 وتضىء لمبة البيان H4، ويعمل البوق H7، وكذلك تضىء لمبة الإشارة الوماضة H6، ويمكن بواسطة ضاغط Silence إسكات صوت البوق، وبواسطة ضاغط التحرير Reset تحرير الإنذار وإعادة وحدة التوليد للحالة الطبيعية.

٤ – عند انخفاض ضغط زيت التبريد تعود ريشة مفتاح الضغط SP مغلقة، فتعمل لمبة بيان انخفاض الضغط H_5، ويتكرر ما سبق فى الحالات السابقة.

والجدير بالذكر أن الموحد CR_1 يعمل على فصل القاطع CB_1 عند انعكاس قطبية البطارية، أما المولد G فيشحن البطارية أثناء دوران الماكينة، وتعمل وحدة الشحن الالكترونية SC على شحن البطاريات عند وجود تيار المصدر الطبيعى، وعند انقطاع التيار العمومى وعمل المولد تفصل هذه الوحدة، نتيجة لغلق الريشة المفتوحة للريلاى R_7 والموصلة بها. كما أنه يمكن تشغيل الماكينة أتوماتيكيًا عند انقطاع الكهرباء العمومية، وذلك بوضع مفتاح اختيار الماكينة SE على وضع Aut؛ علمًا بأن الماكينة سوف تعمل تلقائيًا عند انقطاع الكهرباء العمومية، وذلك نتيجة لغلق ريشة مفتاح الانتقال الاتوماتيكى ATS والذى سوف نتناوله بالتفصيل فيما بعد.

٥ / ٤ – مفتاح الانتقال الأتوماتيكى (ATS)

إن وظيفة مفتاح الانتقال الأتوماتيكى هو نقل الأحمال الكهربية من المصدر الطبيعى (الكهرباء العمومية) إلى وحدة التوليد، وذلك عند انخفاض الجهد أو التردد وصولاً للقيمة المعاير عليها المفتاح، وكذلك إعادة الأحمال الكهربية إلى المصدر الطبيعى عند عودة التيار الكهربى مع اتفاق قيم جهد وتردد المصدرالطبيعى مع القيم المعاير عليه ATS.

ويوجد نوعان من مفاتيح الانتقال الأتوماتيكى وهما كما يلى:

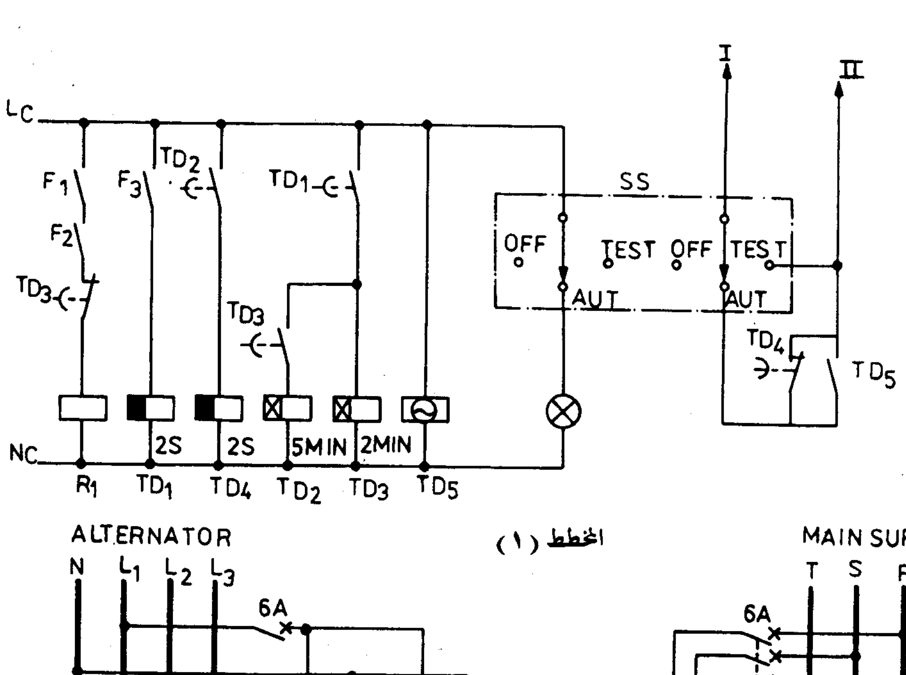
١ – مفاتيح انتقال أتوماتيكى سابقة التجهيز، وتكون مزودة بميكروبروسيسور.

٢ – مفاتيح انتقال أتوماتيكى يتم تجهيزها باستخدام مجموعة عناصر مختلفة.

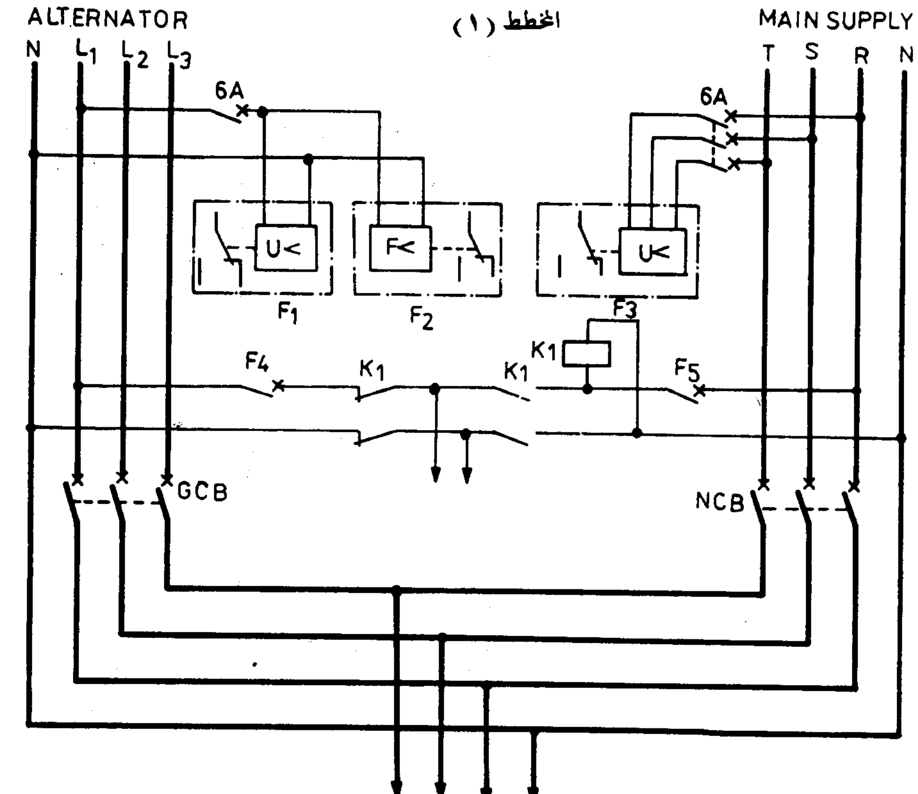
وسوف نتناول فى هذه الفقرة أحد مفاتيح الانتقال الاتوماتيكى التى يمكن بناؤها بمجموعة من العناصر المختلفة محليًا. فالشكل (٥ – ٢١) (مخطط 1) (مخطط 2) – (مخطط 3) يعرض المخططات الكهربية لأحد مفاتيح الانتقال الأتوماتيكية فالمخطط (1) يعرض دائرة التحكم، والمخطط (2)، يعرض الدائرة الرئيسية، والمخطط (3) يعرض دائرة القواطع الكهربية.

حيث إن :

قاطع المصدر الرئيسى	NCB
قاطع وحدة التوليد العاملة بماكينة الديزل	GCB
ريلاى انخفاض جهد وحدة التوليد	F_1
ريلاى انخفاض تردد وحدة التوليد	F_2
ريلاى انخفاض جهد المصدر الرئيسى	F_3
كونتاكتور المحافظة على مصدر تغذية دائرة التحكم	K_1
ملف غلق القاطع	XF
ملف فتح القاطع (عنصر فصل توازى)	MX
محرك شحن ياى القاطع	M
ريش إضافية للقاطع	OF
نهاية مشوار محرك شحن ياى القاطع	CH
لمبات بيان شحن ياى غلق القاطع	H_1, H_3
لمبة بيان وجود وحدة التوليد فى الخدمة	H_2
لمبة بيان وجود المصدر الرئيسى	H_4
ريلاى يعمل عند عمل وحدة التوليد	R_1
مؤقت يؤخر عند الفصل (2S) وذلك عند انقطاع المصدر الرئيسى	TD_1
مؤقت يؤخر عند التوصيل (5MIN) ويعمل على تبريد ماكينة الديزل	TD_2
مؤقت يؤخر عند التوصيل (2MIN) وهو خاص بالتأخير عند العودة للمصدر الرئيسى	TD_3
مؤقت يؤخر عند الفصل (2S) وهو خاص بتأخير دوران الماكينة	TD_4
مؤقت مبرمج يعمل على تشغيل الماكينة ثلاث ساعات أسبوعيًا	TD_5

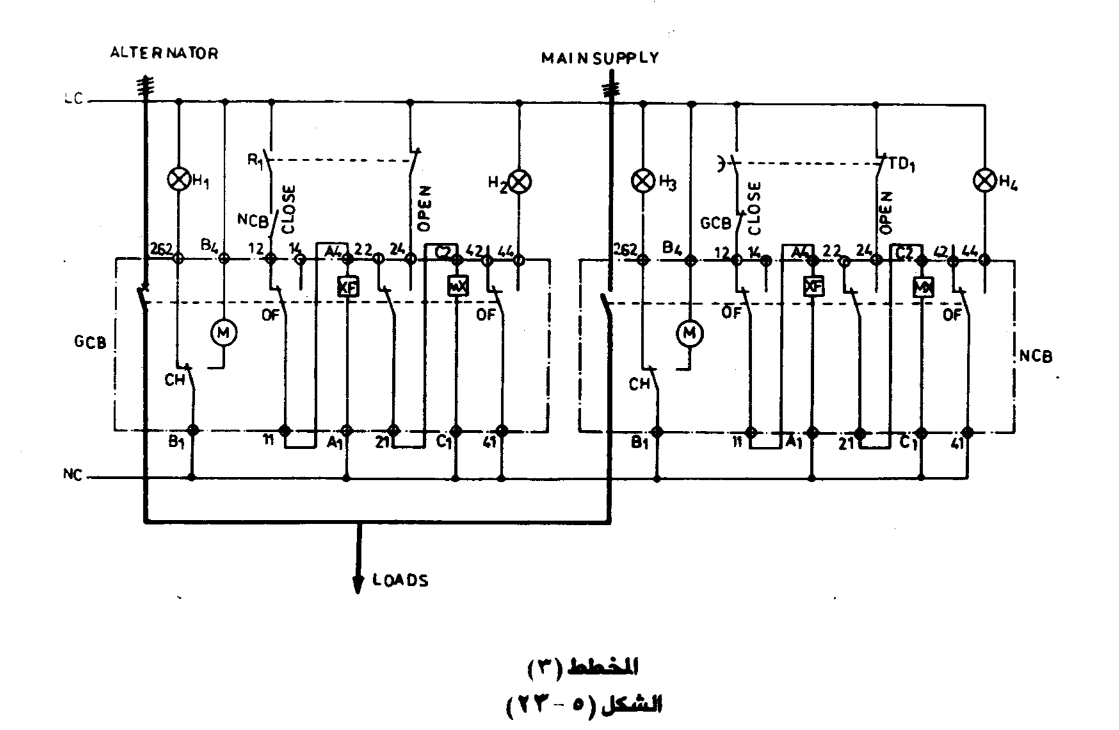


المخطط (١)



المخطط (٢)

الشكل (٥ – ٢٢)



المخطط (٣)

الشكل (٥ - ٢٣)

نظرية التشغيل:

لاختبار مفتاح الانتقال الاتوماتيكى ATS تقوم بوضع مفتاح الاختيار SS على وضع Test، فتغلق الأطراف II وI وتعمل ماكينة الديزل.

أما إذا وضع مفتاح الاختيار SS على وضع Aut، ففى حالة وجود المصدر الرئيسى يكون NCB فى حالة غلق، حيث إن ريلاى انخفاض الجهد F3 سيكون فى حالة تشغيل، وبالتالى يغلق ريشته المفتوحة F3 فيعمل TD1على عكس حالة ريشه، ومن ثم يكتمل مسار غلق القاطع NCB.

أما عند انقطاع مصدر القدرة الرئيسى تعود ريش ريلاى انخفاض الجهد F3 لحالتها الطبيعية، فينقطع التيار الكهربى عن ملف المؤقت TD1، ويقوم المؤقت بعكس حالة ريشه بعد تأخير زمنى مقداره (2S)، وذلك من أجل ضمان عدم عودة المصدر الرئيسى مرة أخرى. فينقطع مسار الغلق Close للقاطع NCB، فى حين يكتمل مسار الفتح open لهذا القاطع، وفى نفس اللحظة ينقطع التيار الكهربى عن المؤقت TD3 و TD2، وتباعًا ينقطع التيار الكهربى عن المؤقت TD4، فتعود ريش هذا المؤقت لحالتها الطبيعية بعد تأخير (2S)، وتغلق الريشة TD4 الموصلة بين الأطراف II وI لمفتاح الانتقال الاتوماتيكى والمتصلة بوحدة التحكم فى ماكينة الديزل لوحدة التوليد، فتدور الماكينة.

وعندما يصبح جهد أطراف وحدة التوليد عند القيمة المقننة له يعمل F1. وعندما يصبح تردد خرج وحدة التوليد عند القيمة المقننة له يعمل F3 وتباعًا يعمل الريلاى R1 فيكتمل مسار غلق القاطع GCB وتغذى الأحمال من وحدة التوليد. وعند عودة المصدر الرئيسى يغلق ريلاى انخفاض الجهد F3 ريشته المفتوحة، فيعمل المؤقت TD1، وتباعًا يعمل المؤقت TD3. وبعد تأخير زمنى مقداره دقيقتين للتأكد من عودة المصدر الرئيسى، يعكس هذا المؤقت ريشه، فينقطع مسار تيار الريلاى R1، ويكتمل مسار تيار فتح open القاطع GCB، ويفتح القاطع وفى نفس الوقت يكتمل مسار تيار قاطع المصدر الرئيسى لتنتقل الأحمال إلى المصدر الرئيسى ويعمل المؤقت TD2، وبعد تأخير زمنى مقداره خمس دقائق، تغلق ريش المؤقت TD2 المفتوحة،

فيكتمل مسار تيار المؤقت TD4، ويفتح المؤقت ريشته المغلقة الموصلة بالأطراف II وI، فتتوقف الماكينة وذلك بعد دورانها خمس دقائق بدون تحميل.

ويضاف المؤقت المبرمج TD5، والذى يتم برمجته على اليوم والساعة، وزمن التشغيل كل أسبوع، وبذلك يعمل هذا المؤقت على غلق ريشته المفتوحة بين الأطراف I, II لمفتاح ATS فى اليوم والساعة المحددة والمبرمج عليه وذلك من أجل المحافظة على كفاءة ماكينة الديزل.

الباب السادس

تشغيل المولدات على التوازى

تشغيل المولدات على التوازى

٦ / ١ – مقدمة

يوجد عدة أسباب لتشغيل المولدات على التوازى وهم كما يلى :

١– زيادة السعة الكلية لمنظومة القدرة الكهربية (KVA) .

٢– إتاحة استمرارية الخدمة عند تعطل أحد المولدات .

٣– عدم توفر المكان المناسب لتشغيل مولد كبير .

وحتى يمكن تشغيل مجموعة مولدات على التوازى يجب تحقق المتطلبات الآتية :

١– جهود كل المولدات تكون متساوية .

٢– اتفاق تتابع الأوجة لجميع المولدات R-S-T أو L_1-L_2-L_3 أو A-B-C .

٣– تساوى التردد لجميع المولدات .

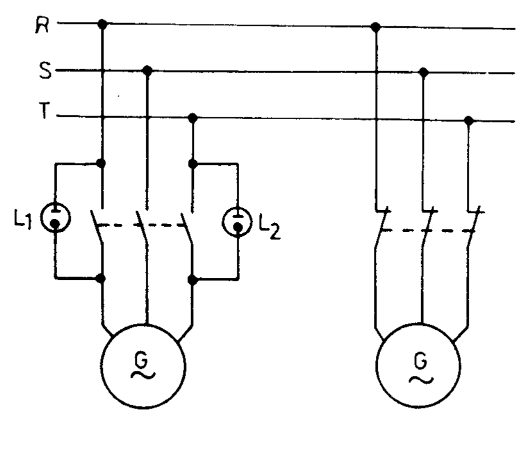
٤– اتفاق اختلاف الأوجة لجميع المولدات .

٥– توزيع الأحمال على المولدات تبعاً لمقنن كل مولد .

٦ / ٢ – التزامن اليدوى

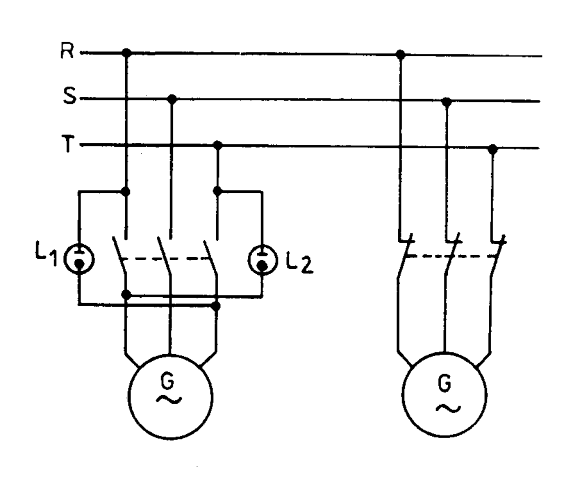
ويستخدم فى ذلك جهاز التوافق (السينكروسكوب)، وكذلك اللمبات لتحديد الاختلاف الوجهى بين المولد الداخل وقضبان التزامن العمومية Bus bar . وهناك ثلاث توصيلات للمبات المستخدمة فى التزامن وهم كما يلى :

١– التزامن عند إعتام اللمبات : ويستخدم فى ذلك لمبتين L_1,L_2، ويتم توصيلها كما بالشكل (٦ – ١) وتكون اللحظة المناسبة للتزامن لحظة إعتام اللمبتين L_1,L_2 .



الشكل (٦ – ١)

٢– التزامن عند نصوع اللمبات : ويستخدم فى ذلك لمبتين L_1,L_2، يتم توصيلها كما بالشكل (٦ – ٢) وتكون اللحظة المناسبة للتزامن لحظة نصوع اللمبتين.

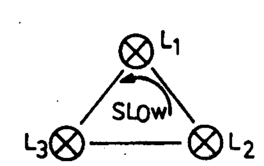


الشكل (٦ – ٢)

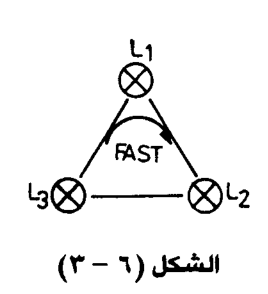
٣– التـزامن عند انطفـاء لمبـة ونصـوع لمبـتين؛ ويسـتـخـدم فى ذلك ثلاث لمبـات L_1,L_2,L_3، تكون مرتبة على شكل مثلث كما بالشكل (٦ – ٣) .

فعندما يكون توهج L_1 أعلى من توهج L_2 أعلى من توهج L_3 ؛ أى أن تـوهـج

المصابيح يكون فى عكس اتجاه عقارب الساعة، يعنى أن سرعة المولد الداخل منخفضة SLOW ، والعكس بالعكس.



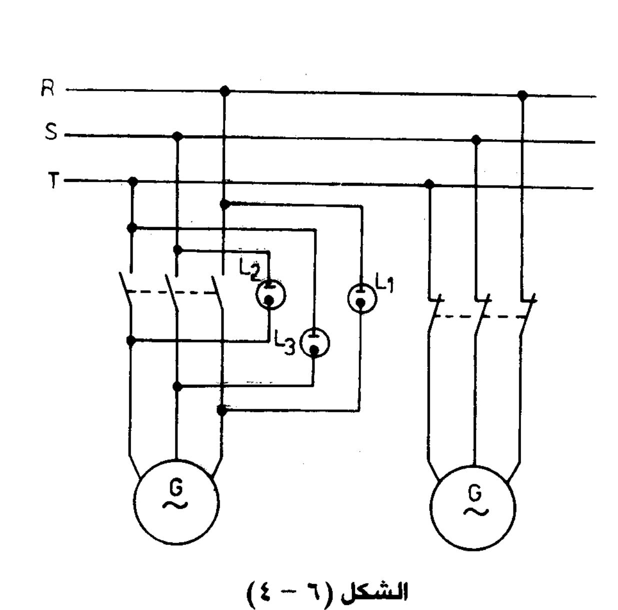
أى أنه عندما يكون توهج L3 أعلى من توهج L2 أعلى من توهج L1 بمعنى أن توهج المصابيح يكون فى اتجاه عقارب الساعة، يعنى أن سرعة المولد الداخل عالية Fast. وتعتبر اللحظة المناسبة للتزامن هى اللحظة التى تنطفىء فيها اللمبة L1، وتنصع فيها اللمبتين L2,L3 .



الشكل (٦ – ٣)

والشكل (٦ – ٤) يوضح طريقة توصيل اللمبات L1,L2, L3 مع المولد الداخل.

والجدير بالذكر أن جهد تشغيل اللمبة يجب أن يكون على الأقل ضعف الجهد المقنن للمولد (جهد الخط)، فإذا لم يكن ذلك متاحاً يجب توصيل مقاومة بالتوالى مع كل لمبة. وينصح عادةً باستخدام هذه الطريقة عند إجراء التزامن اليدوى.



الشكل (٦ – ٤)

٦/٢/١ - ريلاى اختبار التزامن Sync- Check relay

يقوم ريلاى اختبار التزامن بالسماح بإدخال المولد يدوياً / اتوماتيكيا على قضبان التزامن بدون خوف من إحداث تلف للمولد، حيث تتغير حالة الريش الإضافية لريلاى اختبار التزامن عندما يكون مستوى الجهد والتردد والاختلاف الوجهى فى حدود التزامن. والشكل (٦ – ٥) يعرض المسقط الرأسى لريلاى اختبار التزامن المصنع بشركة Crompton الإنجليزية.

System	Generator Connections 1 2	Busbar Connections 3 4
3 phase 4 wire	L1 N	L1 N
3 phase 3 wire	L1 L2	L1 L2
1 phase 2 wire	L1 N	L1 N

1 GEN 2 3 BUS 4

20

10 30

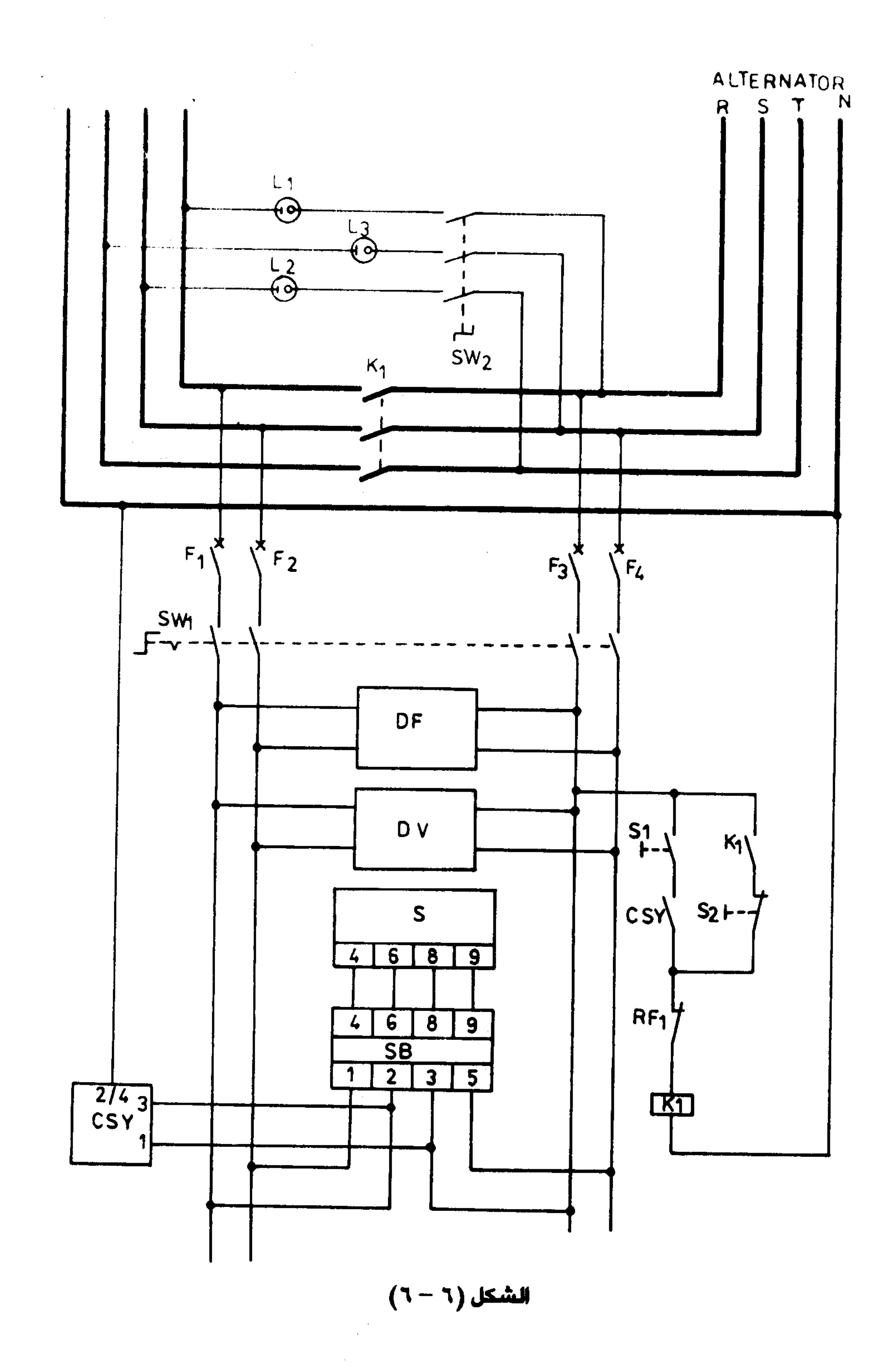
%

PROTECTOR NO 5 6 NC 7 8 VOLTS Crompton

الشكل (٦ – ٥)

ويلاحظ أن الريلاى مزود بنقطة لمعايرة التفاوت المسموح به فى الجهد لحظة التزامن، ويتراوح ما بين 10:30%، ويتحمل هذا الريلاى تغير فى جهد المولد والقضبان يصل إلى (-25%:+30%) من الجهد المقنن للريلاى. .

والشكل (٦ – ٦) يعرض دائرة التزامن المستخدمة فى إجراء التزامن بين مولد Al-ternator ، وقضبان التزامن Bus. علماً بانه عند تحقق مطالب التزامن فإن ريلاى اختبار التزامن لن يغلق ريشته المفتوحة إلا بعد تاخير زمنى مقداره 400mS للتأكد من عدم تغير أحد هذه المتطلبات.


ALTERNATOR
R S T N
L1
L3
L2
SW2
K1
F1
F2
F3
F4
SW1
DF
DV
S
4 6 8 9
4 6 8 9
SB
1 2 3 5
2/4
CSY
3
1
S1
K1
CSY
S2
RF1
K1

الشكل (٦ – ٦)

حيث إن :

قواطع دائرة تيارها المقنن 2A	$F_1 : F_4$
فولتميتر بتدريج مزدوج	DV
جهاز قياس تردد بتدريج مزدوج	DF
جهاز توافق (سينكروسكوب)	S
صندوق مقاومات السينكروسكوب	SB
مفتاح تشغيل مجموعة التزامن	SW_1
مفتاح تشغيل لمبات التزامن	SW_2
لمبات التزامن	$L_1 : L_3$
المولد	Alternator
الأحمال	Loads
كونتاكتور وصل وفصل المولد مع الأحمال	K_1
ضاغط إدخال المولد	S_1
ضاغط فصل المولد	S_2
جهاز اختبار حالة التزامن	CSY
ريلاى الخطأ العام علماً بأن ملفه غير مبين بالشكل	RF_1

نظرية عمل الدائرة :

لإدخال المولد على الأحمال يتم غلق كلٌ من SW_1, SW_2 مع مراقبة جهد المولد والحمل بواسطة DV، ومراقبة تردد المولد والحمل بواسطة DF، ومراقبة الاختلاف الوجهى بين المولد والحمل بواسطة S، وكذلك لمبات التزامن $L_1 : L_3$، فعند تساوى الجهود والترددات، وعند توقف مؤشر السينكروسكوب فى أعلى وضع، وعند انطفاء اللمبة L_1، ونصوع اللمبتين L_2, L_3 فى هذه الحالة نكون قد وصلنا لوضع التزامن، فيتم الضغط على الضاغط S_1، ونظراً لتحقق شروط التزامن فإن جهاز اختبار التزامن

CSY1 سوف يغلق ريشته المفتوحة، وكذلك فإن ريلاى الخطأ العام RF1 سوف يكون فى حالة فصل لعدم وجود أى مشكلة، وبالتالى تكون ريشته المغلقة طبيعياً NC كما هى، فيكتمل مسار تيار الكونتاكتور K1، ويعمل الكونتاكتور ليدخل المولد للخدمة لتغذية الأحمال.

والجدير بالذكر أنه يجب الحذر من توصيل خطوط تعادل المولدات غير المتماثلة معاً؛ لأن ذلك يؤدى لإحتراقها. وذلك لاختلاف شكل موجات الجهد المتولدة من المولدات غير المتماثلة، الأمر الذى يؤدى لظهور العديد من التوافقيات العالية المستوى High Level Harmonics ، والتى تؤدى لإمرار تيارات فى وصلات التعادل، الأمر الذى يؤدى إلى ارتفاع درجة حرارة ملفات العضو الثابت للمولدات بالدرجة التى تؤدى لاحتراقه إذا لم توجد وسائل الحماية المناسبة من ارتفاع درجة حرارة الملفات.

٦ / ٣ - التزامن الأتوماتيكى

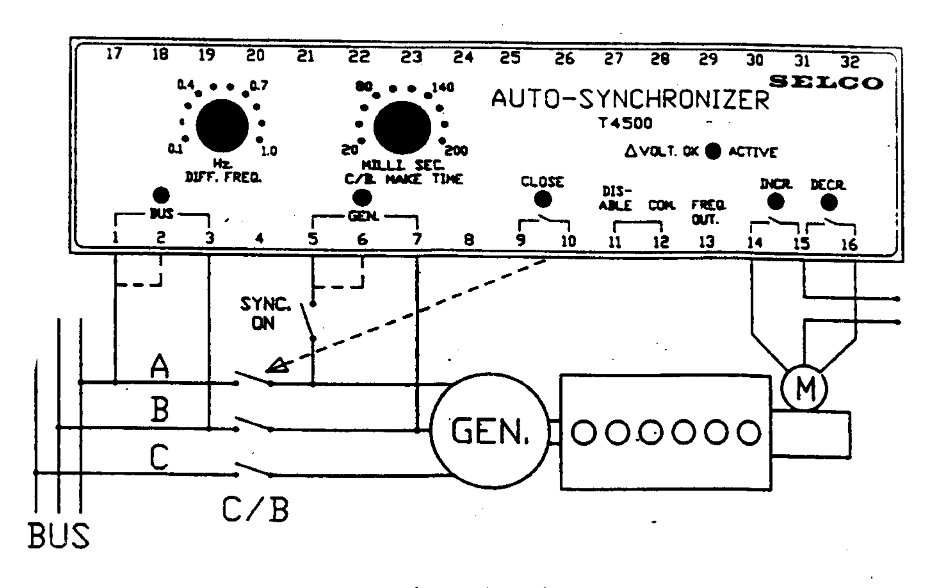
لقد اتضح من الفقرة السابقة أن التزامن اليدوى يحتاج قيام المشغل بضبط كلٍّ من سرعة وجهد كل مولد وصولا للحظة المناسبة للتزامن، وفى حالة إخفاق المشغل فى ذلك، فإنه لن يستطيع الوصول لحالة التزامن حتى ولو استخدم جهاز اختبار التزامن Check Synchronizer ، الأمر الذى يحتاج إلى مشغلين مهرة لتشغيل المولدات على التوازى يدوياً.

وحتى يمكن الاستغناء عن المشغل الماهر، يستخدم جهاز التزامن الأتوماتيكى Automatic-Check Synchronizer والذى يراقب كلٍّ من الجهد والتردد والاتفاق الوجهى، فإذا كانت قيم هذه المتغيرات خارج الحدود المطلوبة، فإنه يرسل إشارات تحكم لأجهزة التحكم فى هذه المتغيرات للوصول بها إلى الحدود المطلوبة لإتمام عملية التزامن.

٦ / ٣ / ١ - جهاز التزامن الأتوماتيكى Auto- Synchronizer

ويستخدم هذا الجهاز لإجراء عملية التزامن بين مولد وآخر، أو مولد وقضيب التزامن بدون تدخل أى شخص فى عملية التزامن، مما يقلل من مشاكل التزامن

المحتملة. ويقوم هذا الجهاز بضبط تردد وزاوية وجه المولد الداخل، وذلك بإرسال إشارة تحكم لحاكم السرعة Speed Governer للمولد الداخل وصولاً للتزامن.
والشكل (٦ - ٧) يعرض مخطط توصيل جهاز تزامن أتوماتيكى من صناعة شركة SELCO الإنجليزية.



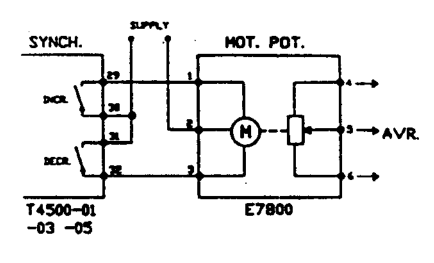
الشكل (٦ - ٧)

ويلاحظ أن الأطراف 16 ,15 ,14 توصل بالمحرك المؤازر المستخدم فى التحكم فى مضخة الحقن لماكينة إدارة المولد الداخل، فى حين توصل الأطراف 3 ,2 ,1 بوجهين من أوجه قضيب التزامن، أما النقاط 7 ,6 ,5 فتوصل مع وجهين من أوجه المولد، وذلك عبر ريشة التحكم فى بدء عملية التزامن Sync.ON. ويمكن أن تكون هذه الريشة من مفتاح الانتقال الأتوماتيكى ATS. وعند الوصول لحالة التزامن تقوم الريشة 10 ,9 بتشغيل القاطع CB الخاص بالمولد الداخل، فيدخل المولد الداخل على التوازى مع قضيب التزامن. ويزود هذا الجهاز بنقطة معايرة لمعايرة الاختلاف المسموح به فى التردد أثناء عملية التزامن، ويتراوح Diff.Freq ما بين

(0.1 : 1.0 HZ)، وكذلك يزود بنقطة معاير المعايرة زمن التأخير لغلق قاطع المولد الداخل بعد توفر شروط التزامن، ويتراوح ما بين (20:200ms) .

والجدير بالذكر أن تردد المولد الداخل لحظة التزامن يكون أكبر من تردد قضيب التزامن بالقيمة المعاير عليها نقطة معايرة فرق التردد، ويكون فرق الجهد بين المولد الداخل وقضيب التزامن تقريباً صفراً، وعند الاتفاق الوجهى بين المولد وقضيب التزامن تغلق الريشة المفتوحة لجهاز التزامن الأتوماتيكى 10-9 بتأخير زمنى يطابق القيمة المعاير عليها نقطة معايرة زمن التأخير، ويغلق قاطع المولد فيدخل المولد بالتوازى مع قضيب التزامن.

والجدير بالذكر أن جهاز التزامن الأتوماتيكى يعطى إمكانية لضبط جهد المولد أيضا، ولكن هذا يحتاج لمقاومة متغيرة بمحرك Motor Pot توصل كما بالشكل (٦ - ٨)، حيث توصل المقاومة المتغيرة ذات المحرك مع منظم جهد المولد الداخل، وعادة يحتاج محرك المقاومة المتغيرة لجهد إضافى يكون عادة جهد دوائر التحكم للمولد مثل: +24V، وبذلك يمكن لجهاز التزامن الأتوماتيكى الوصول بجهد المولد الداخل للقيمة المطلوبة.



الشكل (٦ - ٨)

٦ / ٤ - تقسيم القدرة غير الفعالة بين المولدات الموصلة على التوازى

عند توصيل مولدين معاً على التوازى، وعند عدم حدوث اتزان فى المجال

الرئيسى للمولدين، فإن هذا سيؤدى إلى تمرير تيار دوار بين المولدين، وهذا سيظهر في صورة معامل قدرة متأخر للمولد الذى له مجال زائد، فى حين يظهر فى صورة معامل قدرة متقدم للمولد الذى له مجال منخفض، وتسمى هذه الحالة بحالة دوران التيارات غير الفعالة. وفيما يلى أهم الطرق المستخدمة للحد من دوران التيارات غير الفعالة. بين المولدات الموصلة على التوازى:

١ – التعويض بتخفيض القدرة غير الفعالة Reactive Droop Compensation وتحتاج هذه الطريقة إلى:

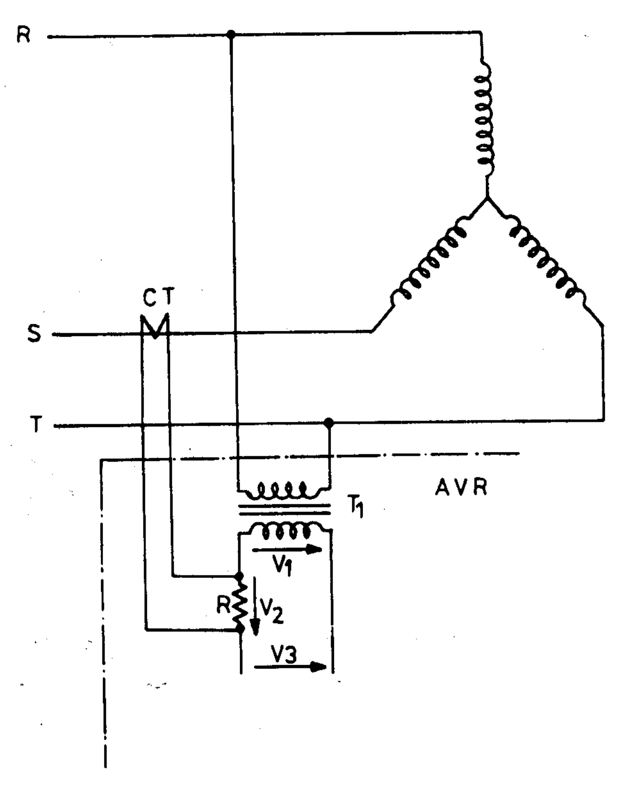
أ – توصيل الملف الثانوى لمحولات التيار الموصلة مع منظمات الجهد AVR'S للمولدات الموصلة على التوازى داخل حلقة مغلقة.

ب – تماثل دوائر التوازى Parallel Compensation فى منظمات الجهد للمولدات الموصلة على التوازى.

جـ – يجب أن تكون محولات التيار لها ملفات ثانوية معزولة عن الخطوط الرئيسية للمولدات؛ علماً بأن عدد المولدات التى يمكن توصيلها على التوازى ليس له عدد محدد.

د – يجب استخدام قاطع رئيسى لكل مولد مزود بريشة مغلقة طبيعياً تحدث قصر على ثانوى محول التيار، عندما يكون المولد متوقفاً.

ويمكن فهم نظرية عمل دوائر التعويض بتخفيض القدرة غير الفعالة من الشكل (٦ – ٩).



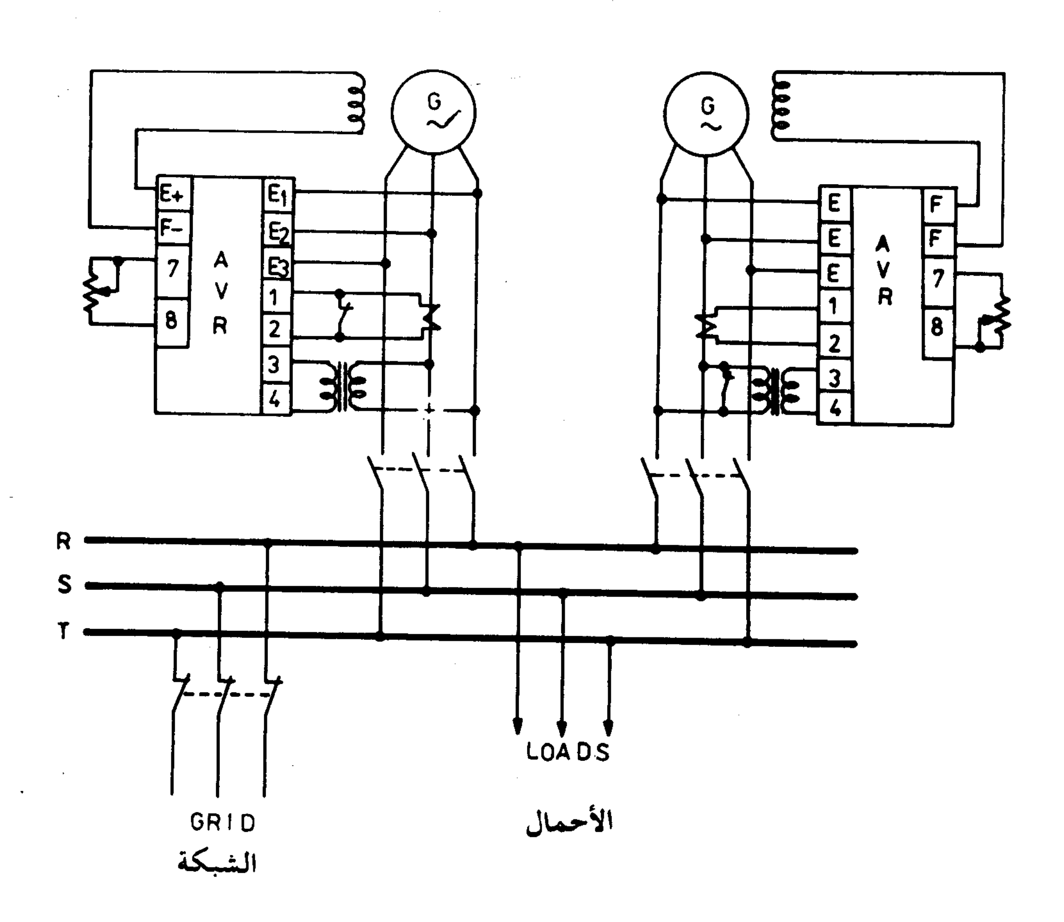
الشكل (٦ – ٩)

ويلاحظ أن جهد التغذية المرتدة والذى يصل إلى منظم الجهد AVR ، وهو محصلة جهد الملف الثانوى لمحول الجهد T_1، وجهد ثانوى محول التيار CT والمشكل على المقاومة R؛ أى أن الجهد V_3 هو محصلة الجهد V_1 (جهد ثانوى محول الجهد T_1)، والجهد V_2 (جهد ثانوى محول التيار المتشكل على المقاومة R) .

فكلما كان معامل القدرة للمولد متأخراً ازداد جهد التغذية المرتدة المحصل، فيقل تيار المجال . وعندما يكون معامل القدرة للمولد متقدماً انخفض جهد التغذية المرتدة المحصل V_3 . ازداد تيار المجال ازداد جهد خرج المولد .

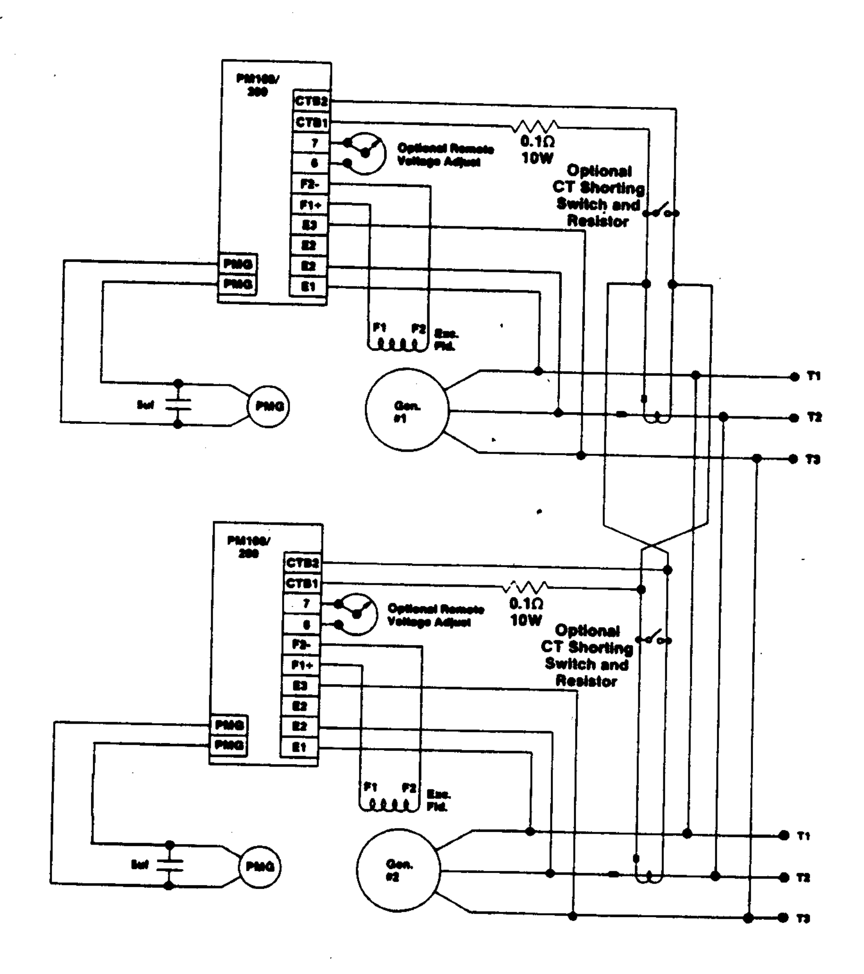
وعند حدوث قصر على أطراف المولد يصبح معامل القدرة للمولد متأخراً جداً، أى يقترب من الصفر الأمر الذى يؤدى لتقليل تيار المجال لأقل قيمة ممكنة .

والشكل (٦ – ١٠) يبين طريقة توصيل المولدات على التوازى على قضيب عمومى واحد (أى متصل بالشبكة الموحدة).



الشكل (٦ – ١٠)

٢ – التخفيض الفرقى للقدرة غير الفعالة Reactive Differential Comp وتستخدم هذه الطريقة عند توصيل المولدات على التوازى على قضيب خاص بهم وغير متصل بالشبكة الموحدة كما بالشكل (٦ – ١١). علماً بأن توصيلة محولات التيار الموضحة فى هذا الشكل عندما يكون تتابع الأوجة C-B-A، أما إذا كان تتابع الأوجه A-B-C يجب عكس أطراف محول التيار مع الأطراف CTB_2, CTB_1.



الشكل (٦ - ١١)

وفى هذه الطريقة فإن كل الإشارات المتولدة من محولات التيار تلغى بعضها عندما تكون تيارات المولدات متساوية ومتفقة فى الوجه، وبالتالى لن يحدث تخفيض لجهد التشغيل العام للمجموعة. ويلاحظ أنه يجب توصيل ريشة مغلقة من قاطع المولد بالتوازى مع الملف الثانوى لمحول التيار، وذلك لمنع حدوث انخفاض لجهد المولدات العاملة معاً على التوازى فمحول تيار المولد المتوقف لا يكون له إشارة تعويض كباقى المولدات ، كما أن عدم استخدام هذه الريشة يجعل جهد المولد

الداخل متذبذباً، مما يمنع إمكانية إحداث تزامن له مع باقى المولدات حيث يجب أن تبقى هذه الريشة مغلقة لحين دخول المولد على قضيب التزامن.

أما عند عمل المولد بمفرده يجب أن تكون الريشة الموصلة بالتوازى مع محول التيار مغلقة لمنع وصول أى إشارة إلى دائرة التعويض أثناء عمل المولد بمفرده.

٦ / ٥ - تقسيم الأحمال بين المولدات التى تعمل على التوازى

يوجد طريقتان لتشغيل المولدات على التوازى وهما :

١ - طريقة Droop أى تقليل السرعة مع زيادة الأحمال. وتستخدم هذه الطريقة عند تشغيل مجموعة مولدات بالتوازى مع الشبكة الموحدة، وتعرف النسبة المئوية للتخفيض (Droop%) من المعادلة التالية :

$$Droop\% = \frac{F_n - F_F}{F_n} \times 100 \rightarrow 6.1$$

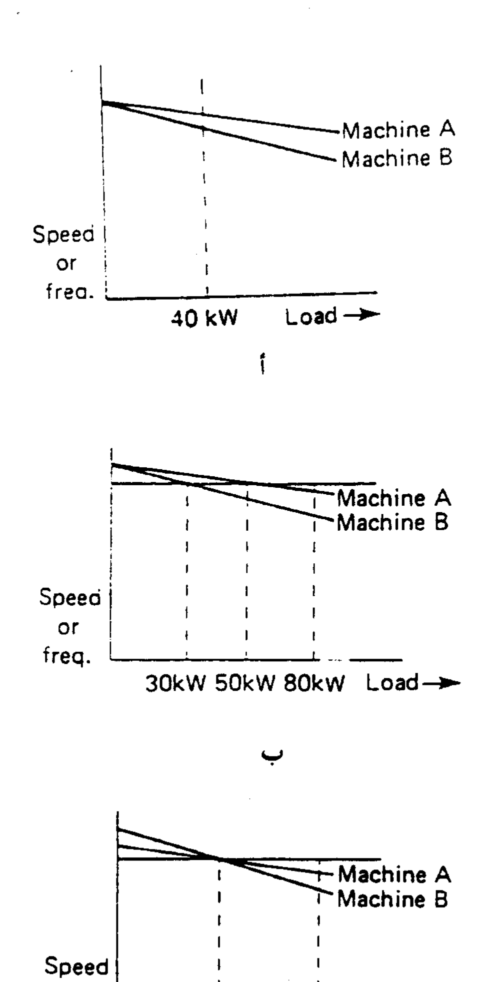
حيث إن :

التردد عند اللاحمل	F_n
التردد عند الحمل الكامل	F_F

فعند توصيل مولد محكوم بمنظم سرعة يعمل بطريقة Droop مع الشبكة الموحدة (الكهرباء العمومية)، فإذا كان الحمل المحلى أكبر من قدرة المولد فإن الشبكة سوف تعوض هذا الفرق، أما إذا كان الحمل المحلى أقل من قدرة المولد فإن قدرة المولد الفائضة سوف تغذى للشبكة الموحدة. والشكل (٦ - ١٢) يعرض ثلاث حالات لتوزيع الأحمال على مولدين A, B يعملان بطريقة Droop. (فالشكل أ) إذا كان المولدان لا يعملان على التوازى، (والشكل ب) إذا كان المولدان يعملان على التوازى وهم فى حالة عدم اتزان، ويلاحظ أن الأحمال غير مقسمة بالتساوى عند السرعة المقننة.

فالمولد A محمل بحمل 30KW ، والمولد B محمل بحمل مقداره 50KW والحمل الكلى 80KW.

(والشكل جـ) إذا كـانـت المولدات تعمل على التوازى وهى فى حالة اتزان. ويلاحظ أن الأحمال مقسمة بالتساوى عند السرعة المقننة، فكل مولد يحمل بحمل مقداره 40KW، والحمل الكلى لهما 80KW، ومن ذلك نستنتج أن تقسيم الأحمال غير المتناسب مع قدرة المولدات يؤدى إلى عدم استقرار تشغيل مجموعة المولدات الموصلة على التوازى، فزيادة الأحمال على أحد المولدات عن الحد المسموح به يؤدى إلى فصل القاطع الخاص بالمولد، ومن ثم يزداد الحمل على باقى المولدات فتخرج المولدات الواحد بعد الآخر، ومن أجل الوصول إلى تقسيم متساو للأحمال بين المولدات العاملة بطريقة Droop يلزم الأمر ضبط منظم سرعة هذه المولدات على جهد مرجعى واحد، ونسبة مئوية للتخفيض Droop% واحدة تماماً وهذا عملى لا يمكن تحقيقه؛ لذلك كان من الضرورى استخدام جهاز تقسيم أحمال Load Sharer مع كل مولد للوصول للتقسيم المطلوب.



الشكل (٦ – ١٢)

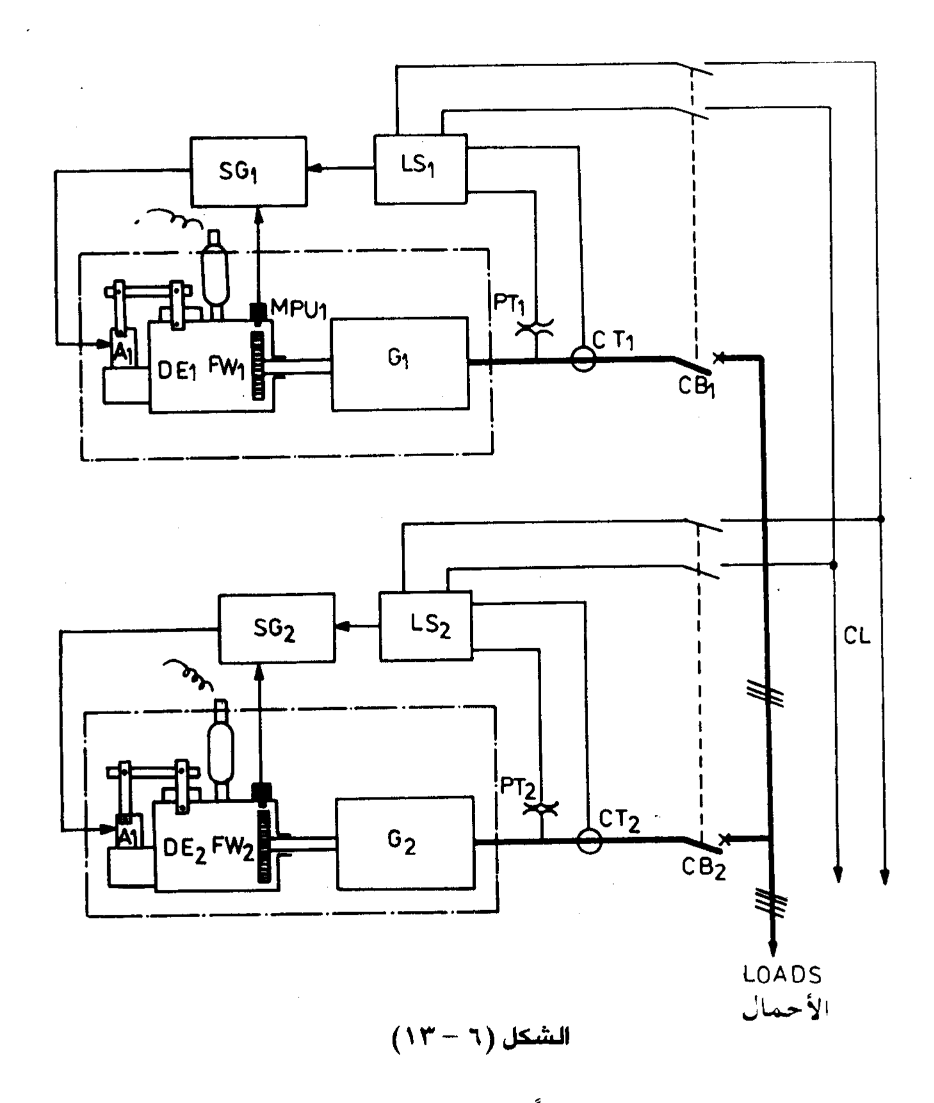
٢ – طريقة Ischronous أى ثبات السرعة مع تغير الأحمال. وتستخدم هذه الطريقة عادة لتشغيل مجموعة من المولدات بالتوازى فى معزل عن الشبكة الموحدة.

والجدير بالذكر أنه عند تشغيل مولدين على التوازى كليهما محكوم بمنظم

سـرعة يعـمل بطريقـة Ischronous يكون من المسـتـحيل ضبط القيـمـة المرجعـيـة لسرعتيهما عند قيمة واحدة، الأمر الذى سيجعل المولد الذى له سرعة مرجعية أكبر محمل بكل الحمل، والمولد الذى له سرعة مرجعيـة أقل غير محمل، وهذا بالطبع يحتاج لنظام تحكم قادر على معرفة أحمال كل المولدات؛ لذلك يستخدم جهاز تقسيم أحمال Load Sharer لكل مولد مع توصيل مقسمات الأحمال معاً بخط اتصالات Communication Link كما بالشكل (٦ - ١٣) .

حيث إن :

المولدات الموصلة على التوازى	G_1, G_2
ماكينات الديزل للمولدات	DE_1, DE_2
عناصر فعل مضخات حقن ماكينات الديزل	A_1, A_2
مجسات السرعة	MPU_1, MPU_2
منظمات السرعة	SG_1, SG_2
مقسمات أحمال المولدات	LS_1, LS_2
محولات تيار	CT_1, CT_2
محولات جهد	PT_1, PT_2
خط اتصالات	CL
الأحمال	Loads



الشكل (٦ – ١٣)

٦ / ٥ / ١ – تقسيم الأحمال يدوياً على المولدات التى تعمل على التوازى

بعد إدخال مولد على التوازى مع مولد أخر يلزم تحميل المولد الداخل بالحمل الخاص به، ويتم ذلك برفع سرعة المولد الداخل بواسطة حاكم السرعة حتى يحمل بالحمل المطلوب، ويتم التحقق من ذلك بواسطة جهاز قياس الكيلو وات وجهاز الأميتر، أما إذا وجد أن المولد الداخل قد حمل بحمل زائد فإنه يجب تقليل الحمل عليه بواسطة تقليل سرعته بواسطة حاكم السرعة الخاص به.

والجدير بالذكر أنه يجب تقسيم الأحمال على المولدات تبعاً لمقنن كل مولد، ويتم ذلك بمقارنة قراءات أجهزة الأميترات الخاصة بهم بتياراتهم الأسمية، وعند خروج أحد المولدات الموصلة على التوازى من الخدمة يجب إعادة تقسيم الأحمال على المولدات التى فى الخدمة، ويجب أن نفرق بين عدم الاتزان فى تقسيم الأحمال والناتج عن فشل المشغل فى تقسيم الأحمال، وبين التيارات الدوارة التى تسبب عدم اتزان قراءة الأميترات. والمثال التالى يوضح ذلك.

(مولدان) سعة كلٍّ منهما 100KVA موصلان على التوازى، وكانت أحمال المولدات 150KVA ولها معامل قدرة 0.8 متأخر . **وفيما يلى ثلاث حالات مختلفة لتوزيع الأحمال على المولدين كما يلى:**

الحالة الأولى:	V	A	KW	KVA	PF
المولد الأول	400	108	50	75	0.8
المولد الثانى	400	108	50	75	0.8

ويلاحظ تساوى القدرة الفعالة للمولدين 50KW ، والقدرة الظاهرة KVA، ومعامل القدرة 0.8، وهذه الحالة هى الحالة المثالية حيث يوجد تقسيم متساو للأحمال مع عدم وجود تيار دوار بين المولدين.

الحالة الثانية:	V	A	KW	KVA	PF
المولد الأول	400	144	80	100	0.8
المولد الثانى	400	72	40	50	0.8

ويلاحظ اختلاف القدرة الفعالة والقدرة الظاهرية والتيار للمولدين، وهذا يدل على توزيع غير متساوٍ وعدم وجود تيار دوار.

الحالة الثالثة :	V	A	KW	KVA	PF
المولد الأول	400	192	80	133	0.6Lag
المولد الثانى	400	62	40	43	0.93Lead

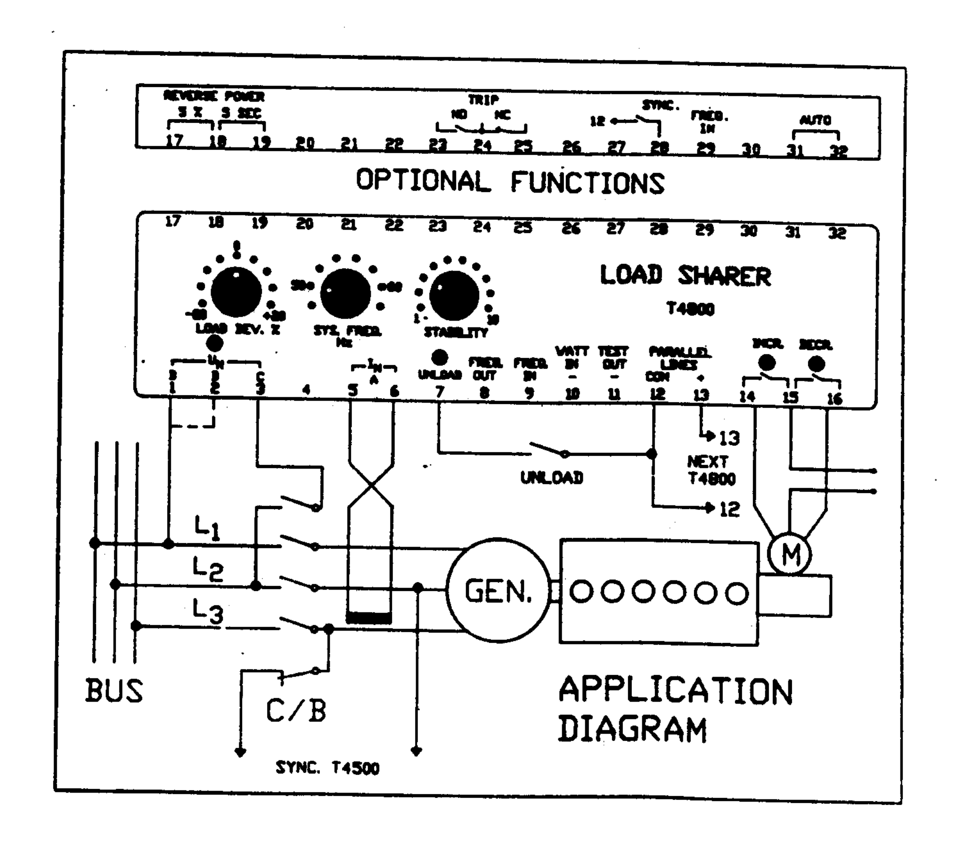
ويلاحظ عدم تساوى القدرة الفعالة ولا القدرة الظاهرية ولا التيار ولا معامل القدرة، وحيث إن المولد الأول يكون محملاً بقدرة ظاهرية مقدارها 133KVA عند معامل قدرة 0.6 متأخر Log، وبالتالى فإن المولد الأول سوف يتعرض لحمل زائد يؤدى لفصل قاطعة الرئيسى أو تلف، إما العضو الثابت أو العضو الدوار، أما المولد الثانى فإنه يكون غير محمل بحمله الكامل.

والجدير بالذكر أن معامل القدرة المتأخر Lag أو المتقدم Lead صعب ملاحظته إلا باستخدام أجهزة قياس معامل القدرة لكل مولد.

٦ / ٥ / ٢ - جهاز تقسيم الأحمال Load Sharer

تستخدم أجهزة تقسيم الأحمال فى تقسيم الأحمال على المولدات المتوازية، وكذلك التحكم فى تردد المولدات. ويخصص جهاز تقسيم أحمال لكل مولد.

والشكل (٦ - ١٤) يعرض مخطط توصيل جهاز تقسيم أحمال من صناعة شركة SELCO البريطانية.



الشكل (٦ - ١٤)

ويلاحظ أن الأطراف (1, 3) أو (2, 3) توصل مع الأوجه L1, L2 للمولد تبعاً لجهد أطراف المولد عبر ريشه مفتوحة من قاطع المولد . أما الأطراف 5, 6 فتوصل مع أطراف محول تيار مثبت على الوجه L3، مع ملاحظة قطبية محول التيار ويجب التأكد من صحة تتابع الأوجة للمولد .

ويوجد ريشتان إضافيتان مفتوحتان طبيعياً فى مقسم الأحمال بين النقاط (14, 15, 16) تعمل على التحكم فى محرك مؤازر يتحكم فى مضخة الحقن لماكينة الديزل، ومن ثم التحكم فى سرعة الماكينة .

وتوصل الأطراف (12, 13) لمقسم الأحمال مع مثيلتها فى مقسمات أحمال المولدات الأخرى الموصلة معاً على التوازى.

ويمكن تشغيل المولد بدون حمل وذلك بغلق ريشة مفتاح بين الأطراف 7, 12 لمقسم الأحمال. وعند توصيل المولد مع الكهرباء العمومية بالتوازى يجب عمل قصر بين النقاط 8, 12 ، وذلك لعدم الحاجة للتحكم فى التردد ، ويمكن التحكم فى تردد المولد تبعاً لإشارة قادمة إلى النقطتين 9, 12، وهذه الإشارة يمكن الحصول عليها من جهاز التزامن الأتوماتيكى أثناء عملية التزامن فقط، وتستخدم الريشة القلاب 23, 24, 25 لفصل قاطع المولد عند انعكاس القدرة أو عند انخفاض حمل المولد عن القيمة المعاير عليها جهاز مقسم الأحمال.

فعند انعكاس ٪10 من القدرة المقننة للمولد على المولد، وبعد تأخير 10S (عشرة ثوانى) يحدث عكس لحالة الريشة القلاب 25 - 24 - 23. وكذلك عند انخفاض حمل المولد عن ٪ 5 من الحمل المقنن له يحدث فصل للمولد نتيجة لانعكاس الريشة القلاب 25 - 24 - 23.

ويجب عمل قصر بين النقطتين 32 -31 فى حالة الرغبة لفصل المولد عند انخفاض حمل المولد عن ٪ 5 من الحمل المقنن له.

وفيما يلى نقاط المعايرة فى جهاز مقسم الأحمال الذى بصدده :

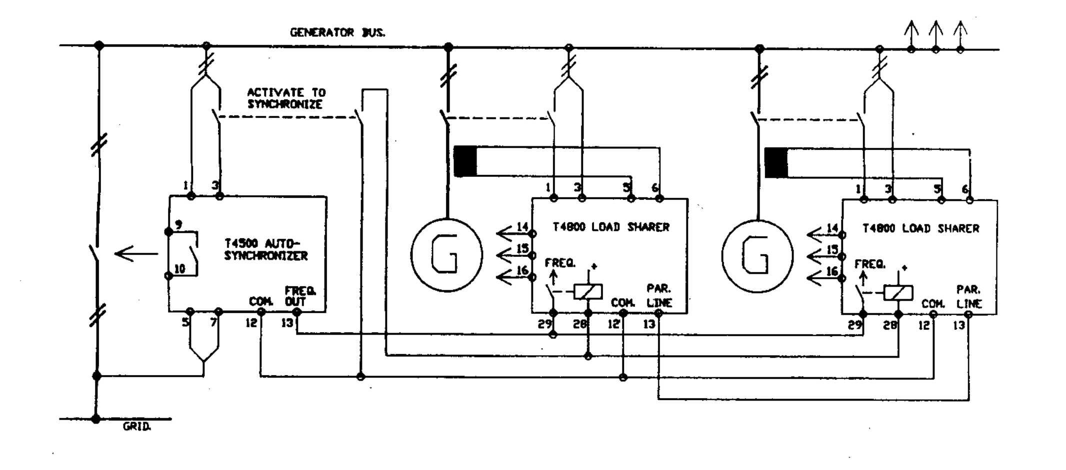
١ – نقطة معايرة انحراف الأحمال ٪ Load Dev، ويتراوح انحراف الأحمال المسموح به ما بين (٪ 20 + : ٪ 20 –) وتستخدم هذه الخاصية فى التقسيم الدقيق للأحمال أو فى حالة توصيل المولدات ذات السعات المختلفة.

٢ – نقطة معايرة التردد Sys.Freq ويتم ضبطها على 50 HZ، عندما يكون تردد الشبكة 50 HZ، أو ضبطها على 60 HZ، عندما يكون تردد الشبكة 60 HZ.

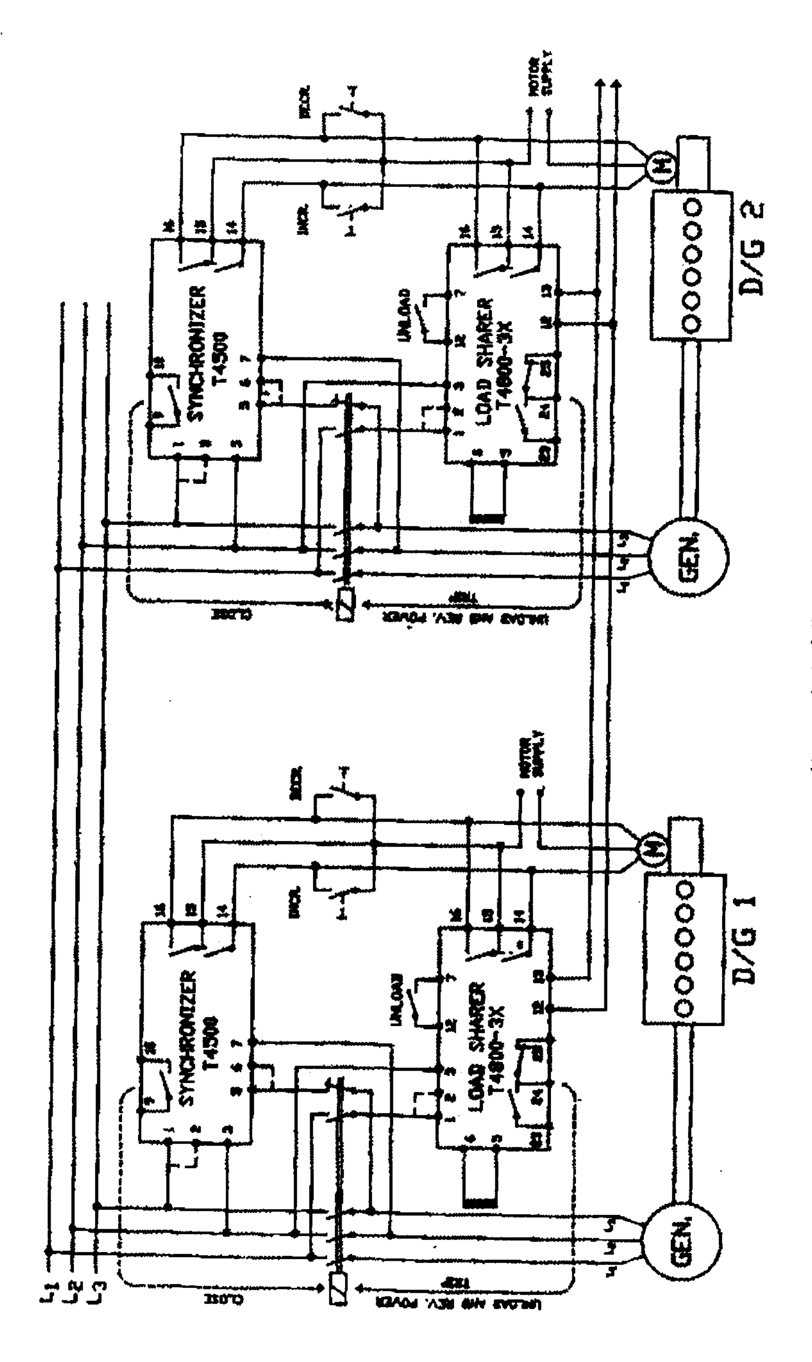
٣ – نقطة معايرة الاستقرار Stability، وتستخدم لتجنب الاهتزاز فى تقسيم الأحمال، ويجب ضبطها عند أقل قيمة ممكنة، وذلك من أجل الوصول للاستقرار فى أقل زمن ممكن.

والجدير بالذكر أنه لعمل تزامن لمولدين مع الشبكة الموحدة يجب استخدام جهاز تزامن أتوماتيكى Synchronizer لكل مولد وآخر للشبكة Grid، وكذلك يستخدم جهاز تقسيم أحمال Load sharer لكل مولد. والشكل (٦ – ١٥) يوضح طريقة توصيل جهاز التزامن الخاص بالشبكة الموحدة Grid مع أجهزة تقسيم الأحمال للمولدات؛ علمًا بأن أجهزة التزامن للمولدات غير مبينة بهذا الشكل.

ويلاحظ أيضًا أن جهاز تزامن الشبكة الموحدة هو الذى يتحكم فى تردد المولدين أثناء عملية التزامن عبر النقاط 12 ,29 ,28 الخاصة بأجهزة تقسيم الأحمال. وفى اللحظة المناسبة تغلق الريشة المفتوحة 10- 9 لجهاز تزامن الشبكة الموحدة لتدخل بالتوازى مع المولدات؛ علمًا بأن الأجهزة المستخدمة فى هذا الشكل من انتاج شركة SELCO.


GENERATOR BUS.
ACTIVATE TO SYNCHRONIZE
T4500 AUTO-SYNCHRONIZER
COM.
FREQ. OUT
T4800 LOAD SHARER
FREQ.
PAR. LINE
T4800 LOAD SHARER
FREQ.
PAR. LINE
GRID.

الشكل (٦ - ١٥)


SYNCHRONIZER
T4500
LOAD SHARER
T4800-3X
UNLOAD
INCR.
DECR.
MOTOR SUPPLY
GEN.
D/G 1
D/G 2
CLOSE
TRIP
UNLOAD AND REV. POWER
L1
L2
L3

الشكل (٦-١٦)

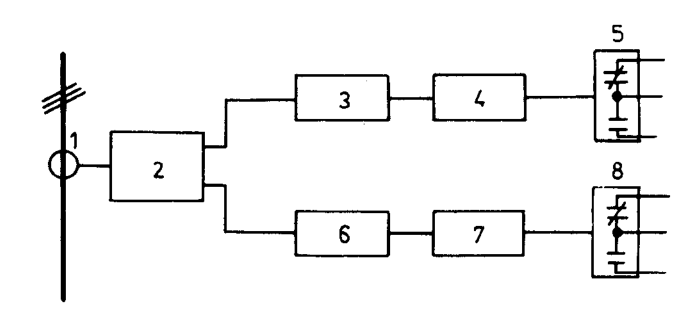
والشكل (٦ – ١٦) يوضح مخطط توصيل مولدين على التوازى حيث يخصص لكل مولد جهاز تزامن Syncronizer، وجهاز تقسيم أحمال Load sharer، ويلاحظ أن المحرك المؤازر المتحكم فى مضخة حقن ماكينة الديزل لكل مولد يتم التحكم فيه بواسطة جهاز التزامن وجهاز تقسيم الأحمال وكذلك يدويًا بواسطة ضاغط تقليل السرعة DECR، وضاغط زيادة السرعة .INCR، ويتم توصيل النقطتن 12و7 لكل جهاز تقسيم أحمال مع ريشه مفتوحة من ريلاى تيار مزدوج، أو من جهاز قياس تيار حدى (مزود بوسيلة لضبط أقل تيار يحمل به المولد) . فعند انخفاض التيار المسحوب من المولد عن الحد الأدنى المسموح به تغلق الريشة الموصلة بين النقطتين 12و7، فتصبح أحمال المولد مساوية للصفر.

ويلاحظ أيضًا أن المحرك المؤازر M يتم تغذيته بمصدر جهد خارجى يمكن أن يكون مصدر تيار مستمر.

علمًا بأن الأجهزة المستخدمة فى هذا الشكل من إنتاج شركة SELCO البريطانية.

٦ / ٥ / ٣ – ريلاى التيار المزدوج Dual Current relay

يقوم ريلاى التيار المزدوج بالتحكم فى بدء أو إيقاف مولد الطوارئ تبعًا لقيمة الحمل. والشكل (٦ – ١٧) يعرض المسقط الرأسى لريلاى التيار المزدوج من صناعة شركة SELCO البريطانية.



الشكل (٦ – ١٧)

حيث إن :

محولات تيار مثبتة على الأوجه الثلاثة للمولد	1
دائرة إحساس بالتيار	2
دائرة تيار البدء	3
دائرة تيار الإيقاف	6
دوائر تأخير زمنى	4,7
مفتاح كهرومغناطيسى للبدء وآخر للتوقف	5,8

ويكون المفتاح الكهرومغناطيسى الخاص بالبدء 5 فى حالة تشغيل فى الوضع الطبيعى، بينما يكون المفتاح الكهرومغناطيسى الخاص بالتوقف 8 فى حالة فصل فى الوضع الطبيعى . فعندما يتعدى التيار فى أحد أوجه المولد القيمة المعاير عليها تيار البدء للجهاز والتى تتراوح ما بين ($1.2I_N$: 0.3)، حيث إن I_N هو التيار المقنن لريلاى التيار المزدوج **يفصل** المفتاح الكهرومغناطيسى للبدء ليعطى إشارة البدء لبدء مولد آخر.

وعند انخفاض تيار أحد أوجه المولد القيمة المعاير عليها تيار الإيقاف للجهاز والتى تتراوح ما بين ($0.2{:}0.8I_N$) بتأخير زمنى يتراوح ما بين (1:10min)، فإن المفتاح الكهرومغناطيسى للتوقف سوف يعمل، ومن ثم تصل إشارة إلى مقسم أحمال المولد لفصل الأحمال عن المولد استعداداً لإيقافه؛ علماً بأنه يوجد مؤقت داخلى زمنه 30S يعمل على استمرارية إشارة الإيقاف حتى تفصل الأحمال تماماً من المولد .

مثال لضبط ريلاى التيار المزدوج :

نفرض أن التيار المقنن للمولد 795 A وأننا استخدمنا محول تيار له نسبة تحويل 1000/5، فإذا كان تيار البدء يساوى ٪ 90 من التيار المقنن للمولد أى يساوى :

$$= \frac{90}{100} X\, 795 = 715A$$

وبالتالى فإن قيمة معايرة تيار البدء لريلاى التيار المزدوج تساوى :

$$= \frac{715}{1000} = 0.715\ I_N$$

وإذا كانت قيمة تيار الإيقاف تساوى ٪ 40 من التيار المقنن للمولد أى تساوى :

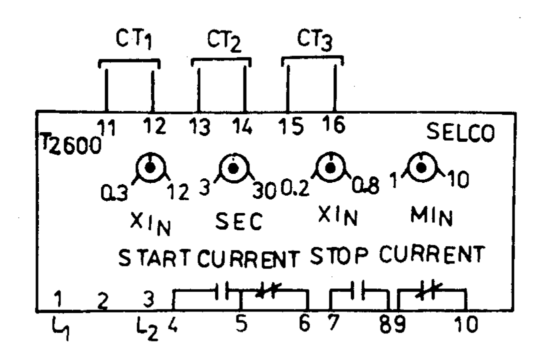
$$= \frac{40 \times 795}{100} = 318A$$

فإن قيمة معايرة تيار الإيقاف لريلاى التيار المزدوج تساوى :

$$= \frac{318}{1000} = 0.318\ I_N$$

ويجب أن يكون تيـار الإيقـاف للمـولد أقل من ٪ 50 من تيـار بدء المولد، وهذا متحقق فى هذه الحالة .

والشكل (٦ – ١٨) يعرض المسقط الرأسى لريلاى تيار مزدوج مصنع بشركة SELCO البريطانية .



الشكل (٦ – ١٨)



الباب السابع

ماكينـات الديـزل

ماكينات الديزل

٧ / ١ - أنواع ماكينات الديزل Diseal Engine

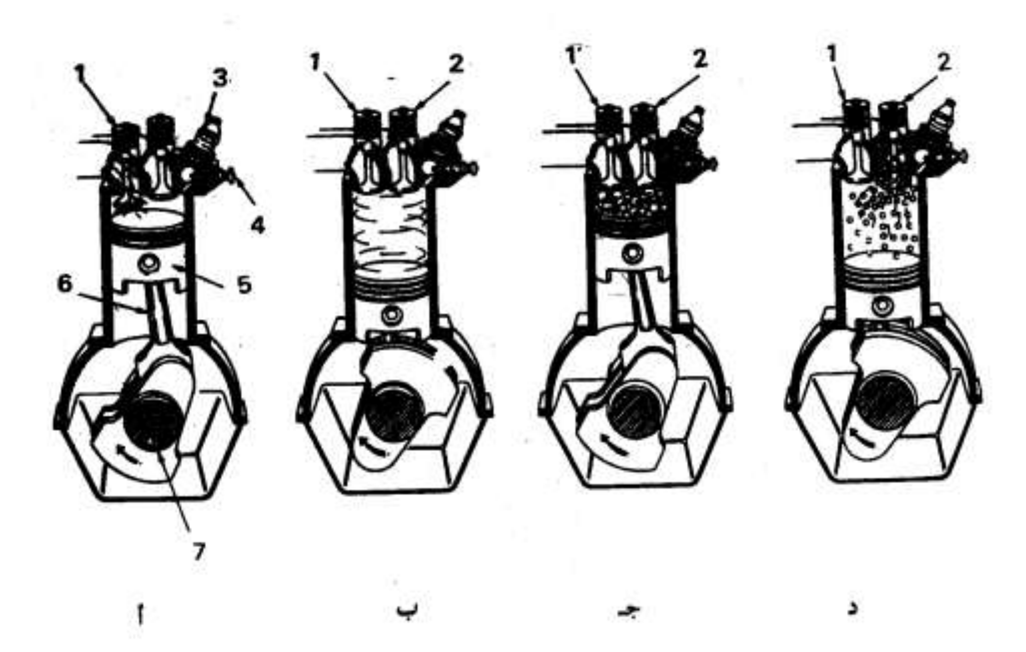
يمكن تقسيم ماكينات الديزل من حيث عدد الأشواط فى الدورة الواحدة إلى :

١- ماكينات ديزل رباعية الأشواط Four strokes .

٢- ماكينات ديزل ثنائية الأشواط Two strokes .

٧ / ١ / ١ - ماكينات الديزل الرباعية الأشواط

الشكل (٧ - ١) يعرض الأشواط الأربعة فى ماكينات الديزل الرباعية الأشواط .



الشكل (٧ - ١)

حيث إن :

صمام السحب	1	المكبس	5
صمام العادم	2	ذراع التوصيل	6
رشاش الوقود	3	عمود المرفق	7
شمعة التسخين	4		

أولاً : شوط السحب (الشكل أ) : وفيه يفتح صمام السحب 1 بالقرب من النقطة الميتة العليا، ويهبط المكبس 5 ويعمل كمضخة إزاحة فعلية ليسحب الهواء النقى عبر صمام السحب .

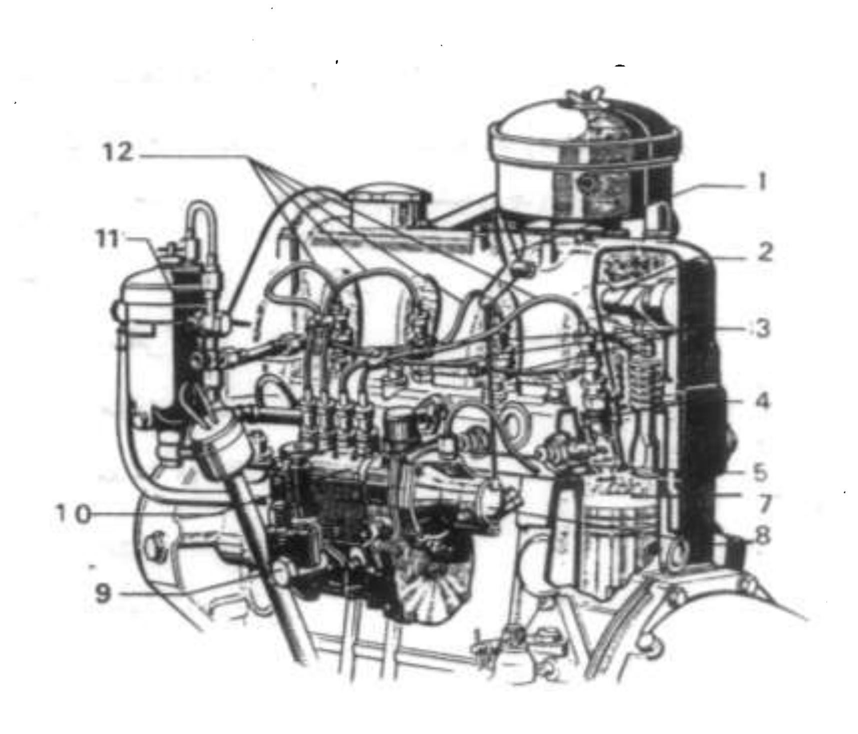
ثانيًا : شوط الانضغاط (الشكل ب) فبعد اجتياز المكبس 5 النقطة الميتة السفلى يغلق صمام السحب 1، ويصعد المكبس 5 لأعلى ضاغطًا الهواء .

ثالثًا : شوط القدرة (الشكل جـ)، فعند اقتراب المكبس 5 من النقطة الميتة العليا، يتم حقن وإشعال الوقود، وتتمدد الغازات المحترقة وتدفع المكبس 5 لأسفل .

رابعًا : شوط العادم (الشكل د) فعند الاقتراب من النقطة الميتة السفلى يفتح صمام العادم 2، وبصعود المكبس 5 يعمل مرة أخرى كمضخة إزاحة طاردًا بذلك الغازات المحترقة خارج الأسطوانة، وبعد اجتياز المكبس النقطة الميتة العليا يغلق صمام العادم .

والجدير بالذكر أن كل دورة كاملة تحتاج لدورتين لعمود المرفق .

والشكل (٧ – ٢) يعرض نموذجًا لماكينة ديزل (بأربع) اسطوانات رباعية الأشواط .



الشكل (٧ – ٢)

حيث إن :

الرقم	البيان	الرقم	البيان
1	فلتر هواء	7	مكبس
2	روافع منظم السرعة	8	منظم مضخة الحقن
3	عمود الحدبات	9	مضخة التغذية
4	خراطيم الزيت الفائض	10	مضخة الحقن
5	رشاش	11	مرشح الوقود
6	شمعة تسخين	12	مواسير الرشاشات

٧ / ١ / ٢ – ماكينات الديزل الثنائية الأشواط

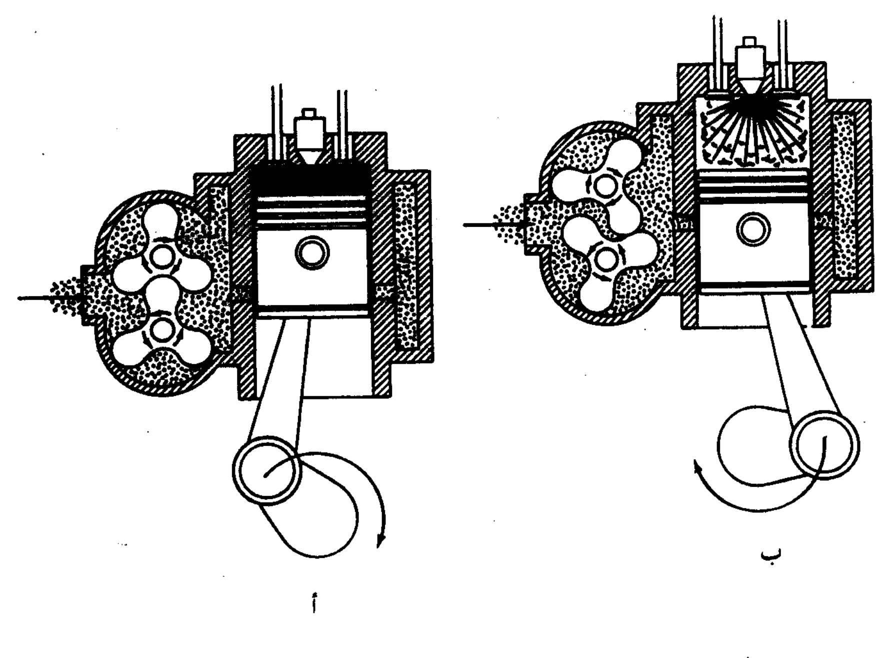
تتكون دورة التشغيل لهذه الماكينات من شوط الانضغاط، وشوط القدرة. أما عمليتى العادم والسحب فيتما بعد اجتياز المكبس النقطة الميتة السفلى، حيث يتم

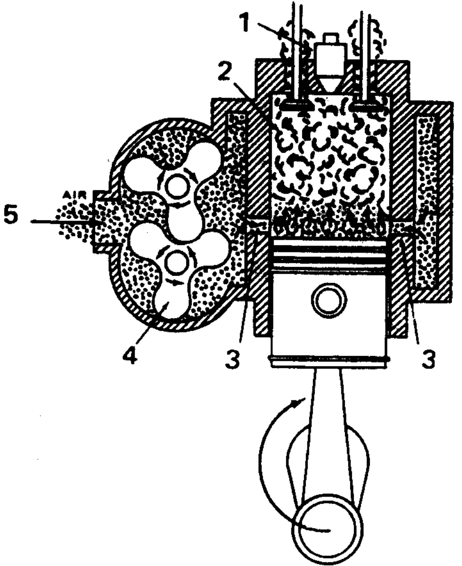
الإمداد بهواء السحب من خلال مروحة خارجية.

والشكل (٧ - ٣) يعرض شوط الانضغاط (الشكل أ)، وشوط القدرة (الشكل ب)، وعمليتى العادم والسحب (الشكل جـ).

حيث إن:

رشاش الوقود	1
غازات العادم	2
مدخل هواء السحب	3
مروحة	4
دخول الهواء الجوى	5





جـ

الشكل (٧ – ٣)

أولاً : شوط الانضغاط :

بصعود المكبس من النقطة الميتة السفلى تقفل فتحات السحب 3، وتغلق صمامات العادم، ويتم انضغاط الهواء، وقبل الوصول للنقطة الميتة العليا يتم حقن الوقود.

ثانيًا : شوط القدرة :

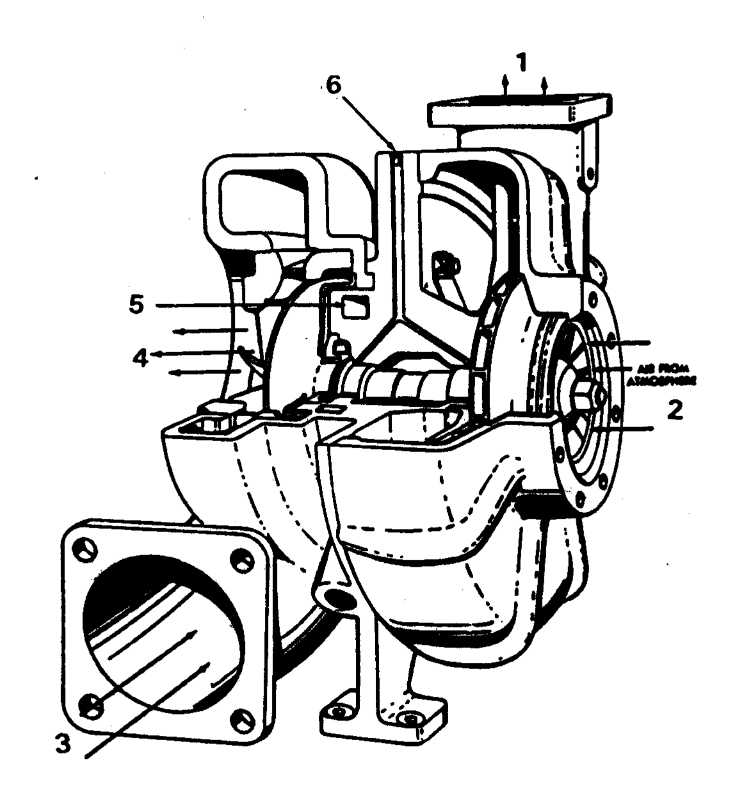
عند حقن الوقود قرب النقطة الميتة العليا يشتعل الوقود، وتتمدد الغازات المحترقة، وتدفع المكبس لأسفل، ويبدأ شوط القدرة.

عمليتا السحب والعادم :

قبل وصول المكبس للنقطة الميتة السفلى تفتح صمامات العادم مسربة غازات الاحتراق من خلال مجرى العادم، ويندفع الهواء من المروحة، لإخراج غازات العادم، وذلك بعد أن تنكشف فتحات السحب 3، ويتم دفع الهواء النقى بواسطة المروحة 4، ويقوم الهواء الداخل بطرد المتبقى من غازات العادم، وتبريد المكبس والأسطوانة وملىء الأسطوانة بالهواء النقى.

والجدير بالذكر أنه عادة يستخدم شاحن توربينى **Turbo charger** فى ماكينات الديزل ذات القدرات العالية؛ سواء الثنائية الأشواط أو الرباعية الأشواط؛ وذلك من أجل رفع كفاءة ماكينة الديزل؛ حيث يعمل الشاحن التوربينى على استغلال الطاقة الحرارية الموجودة فى غازات العادم فى إدارة توربينة حرارية تقوم بإدارة ضاغط يعمل على ضغط الهواء الجوى؛ وبذلك يمكن إدخال هواء مضغوط لغرف الاحتراق فى الاسطوانات بدلاً من الهواء الجوى.

والشكل (٧ – ٤) يعرض نموذجًا لشاحن توربينى.



الشكل (٧ – ٤)

حيث إن :

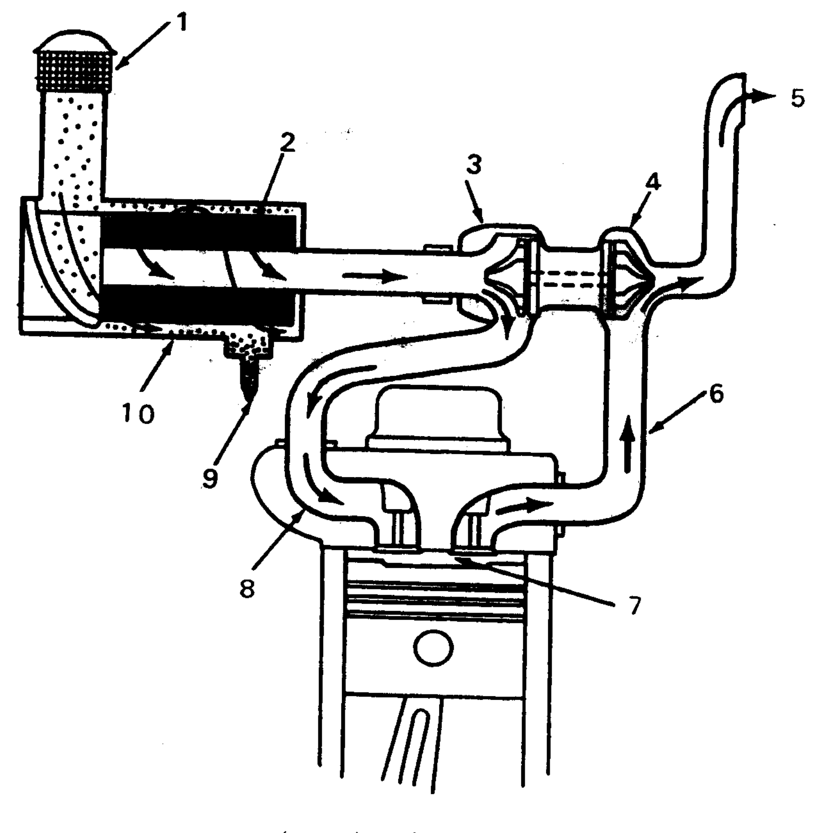
هواء مضغوط يصل للأسطوانات	1	خروج الهواء العادم للهواء الجوى	4
دخول الهواء الجوى	2	مسارات ماء التبريد	5
هواء العادم الساخن	3	مسارات دخول الزيت من المحرك	6

والشكل (٧ – ٥) يوضح فكرة عمل الشاحن التوربينى فى ماكينة ديزل رباعية الأشواط .

حيث إن :

دخول الهواء	1	هواء العادم الساخن	6
عنصر ترشيح الهواء	2	غرفة الاحتراق	7

8	مواسير دخول الهواء	3	الضاغط	
9	صمام عدم التحميل	4	التوربينة	
10	جسم مرشح الهواء	5	هواء العادم الخارج للهواء الجوى	



الشكل (٧ – ٥)

٧ / ٢ – أجزاء ماكينة الديزل

تتكون ماكينة الديزل من :

– كتلة المحرك ويتكون بدوره من :

أ – كتلة الاسطوانات وعمود المرفق.

ب – مجموعة عمود المرفق والمكابس.

جـ – رأس الاسطوانات .

د – حوض الزيت .

- مرفقات وتشتمل على :

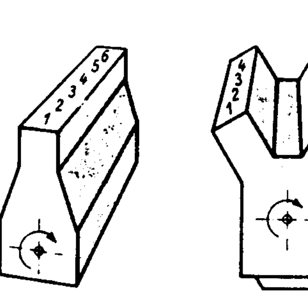
أ – دورة التبريد .

ب – دورة التزييت .

جـ – دورة الوقود .

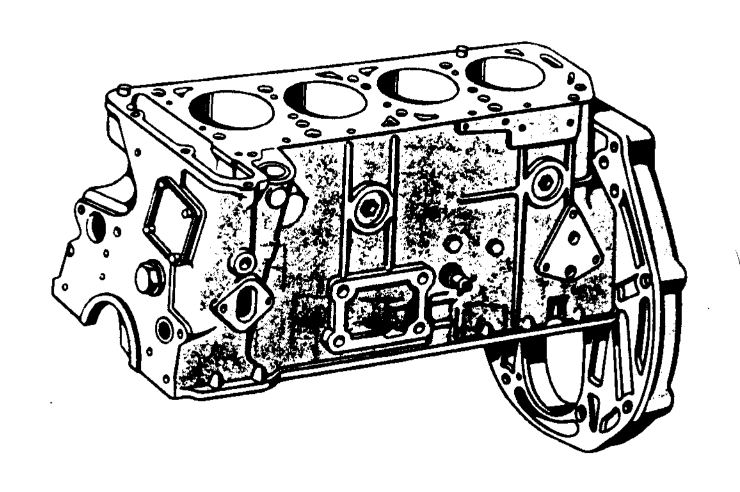
٧ / ٢ / ١ – كتلة المحرك

أولاً : كتلة الاسطوانات :



الشكل (٧ – ٦)

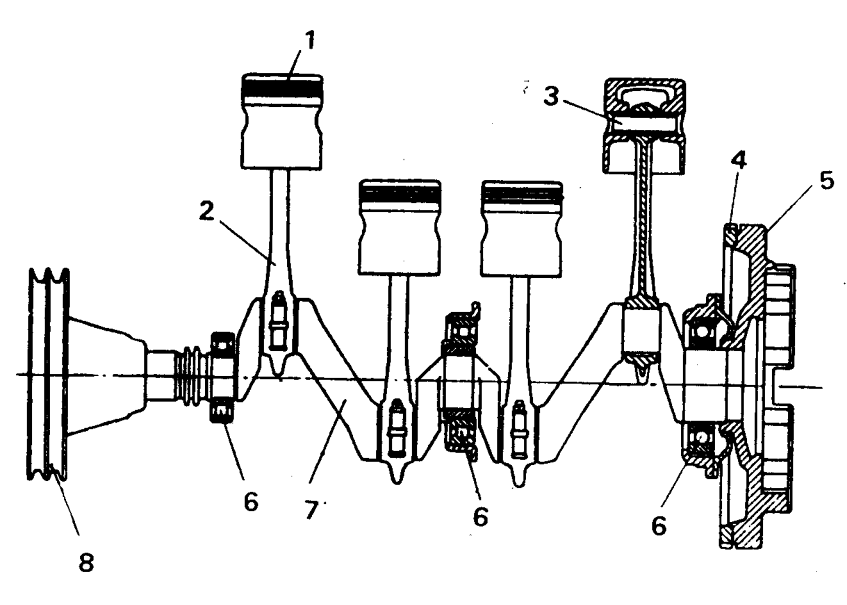
تحتوى كتلة الاسطوانات على اسطوانات المحرك، والتى تكون إما على شكل خط مستقيم، أو على شكل (حرف V) كما هو مبين بالشكل (٧ – ٦)، وتحتوى كتلة الأسطوانات على الاسطوانات، وعلى قمصان تبريد المحرك، وعلى محاور ارتكاز عمود المرفق، وهذا مبين بالشكل (٧ – ٧) .



الشكل (٧ – ٧)

ثانيًا : عمود المرفق والمكابس والطارة الحدافة :

الشكل (٧ – ٨) يبين مجموعة عمود المرفق والمكابس والطارة الحدافة .



الشكل (٧ – ٨)

حيث إن :

مكبس	1	الحدافة	5
ذراع توصيل	2	كرسى محور عمود المرفق	6
محور تثبيت المكبس	3	عمود المرفق	7
ترس الحدافة	4	طارة	8

ويقوم عمود المرفق بتحويل الحركة الترددية للمكابس داخل الأسطوانات إلى حركة دورانية . أما الحدافة؛ فتقوم بموازنة الصدمات الناتجة عن الانعكاسات المستمرة لحركة الكباسات، الأمر الذى يؤدى إلى انتظام دوران حركة عمود المرفق؛ ويثبت على الحدافة طوق مسنن وذلك من أجل إمكانية نقل الحركة من محرك البدء الكهربى

(المارش)؛ إلى الحدافة بواسطة تعشيق ترس البنيون المثبت مع محرك بدء الحركة مع ترس الحدافة.

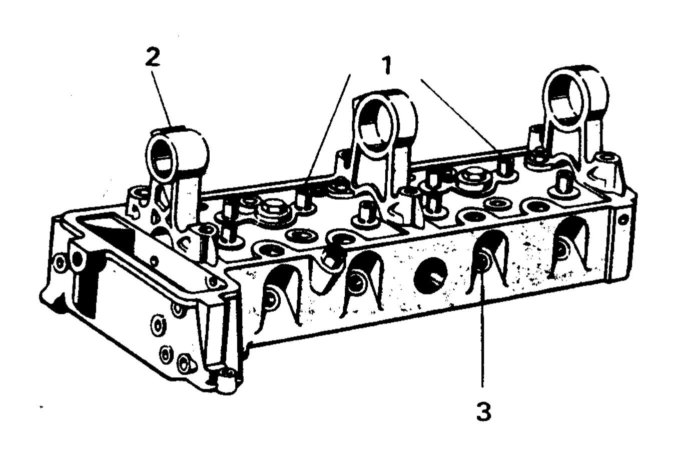
ثالثًا: رأس الأسطوانات:

ويعمل رأس الأسطوانات على غلق الأسطوانات من أعلاها، ويحتوى على غرف الاحتراق، وعلى فتحات الدخول والخروج والمثبت فيها صمامات السحب والعادم (فى حالة ماكينات الديزل الرباعية الأشواط)، ويرتكز على رأس الأسطوانات كلٌ من عمود الحدبات؛ والروافع المتأرجحة، ويعمل كلٌ من عمود الكامات والروافع المتأرجحة فى التحكم فى توقيت فتح وغلق صمامات السحب والعادم؛ ويثبت فى رأس الأسطوانات الرشاشات.

والشكل (٧ – ٩) يعرض نموذجًا لرأس أسطوانات محرك.

حيث إن:

أذرع الصمامات	1
كراسى عمود الحدبات	2
مكان تثبيت الرشاشات	3



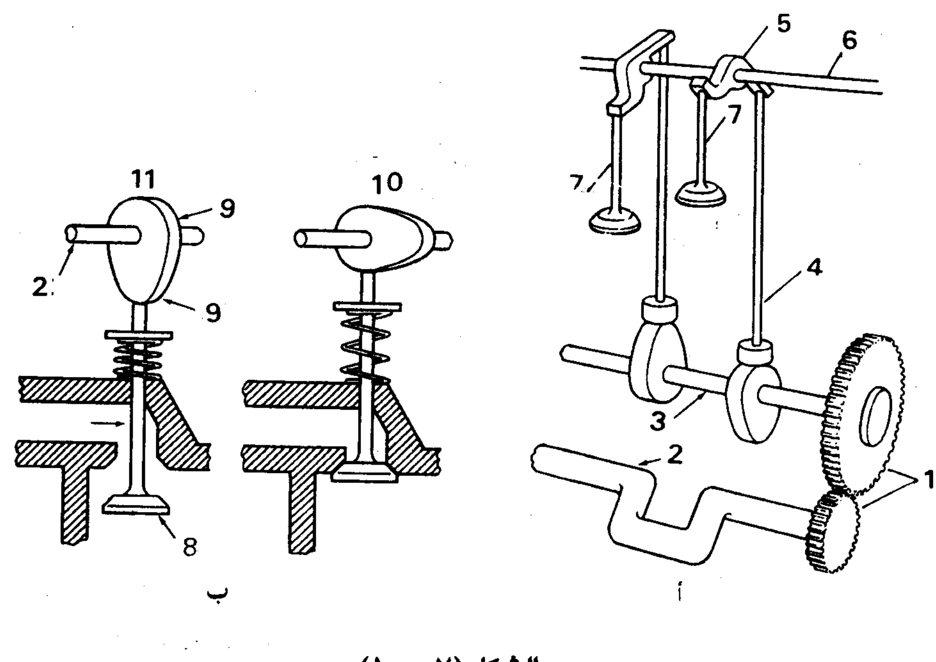
الشكل (٧ – ٩)

والشكل (٧ – ١٠) يوضح كيفية نقل الحركة من عمود الحدبات (الكامات) إلى صمامات العادم والسحب؛ فالشكل (أ) يوضح كيفية نقل الحركة من عمود المرفق إلى عمود الحدبات بواسطة ترسين، ثم تنقل الحركة من عمود الحدبات إلى الصمامات بواسطة ذراع دفع وذراع متأرجح؛ والشكل (ب) يوضح كيفية نقل الحركة المباشر من حدبات عمود الحدبات إلى الصمامات.

علمًا بأن الطريقة المبينة بالشكل (أ) تستخدم عندما يكون عمود الحدبات مجاور لعمود المرفق. أما الطريقة المبينة بالشكل (ب) فتستخدم عندما يكون عمود الحدبات مثبتًا أعلى الصمامات.

التعريف بمحتويات الشكل:

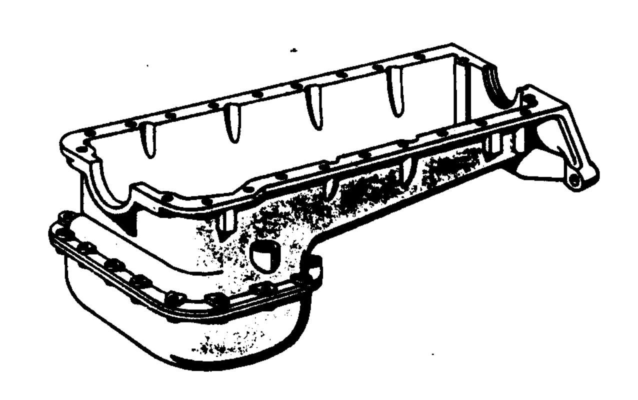
ترسين	1	ساق الصمام	7
عمود مرفق	2	رأس الصمام	8
عمود حدبات	3	حدبة	9
ذراع دفع	4	مغلق	10
ذراع متأرجحة	5	مفتوح	11
محور ارتكاز للأذرع المتأرجحة	6		



الشكل (٧ – ١٠)

رابعًا : حوض الزيت :

يثبت حوض الزيت فى أسفل كتلة الأسطوانات، ويكون مزودًا بتجويف على الجانبين لتثبيت كراسى محور عمود المرفق؛ ويملىء حوض الزيت بزيت تبريد المحرك؛ والذى يعمل على تقليل احتكاك المكابس مع الأسطوانات، وكذلك يقلل من الاحتكاك عند مواضع كراسى المحور المختلفة. ويوضع بداخل حوض الزيت مضخة زيت تقوم بضخ الزيت لجميع أماكن الاحتكاك بالمحرك؛ وذلك من أجل تقليل الاحتكاك. والشكل (٧ – ١١) يعرض نموذج لحوض زيت.



الشكل (٧ – ١١)

٧ / ٢ / ٢ – دورة التبريد

يوجد طريقتان فى تبريد ماكينات الديزل وهما : التبريد بالهواء – التبريد بالماء وسوف نتناول التبريد بالماء لما له من انتشار كبير .

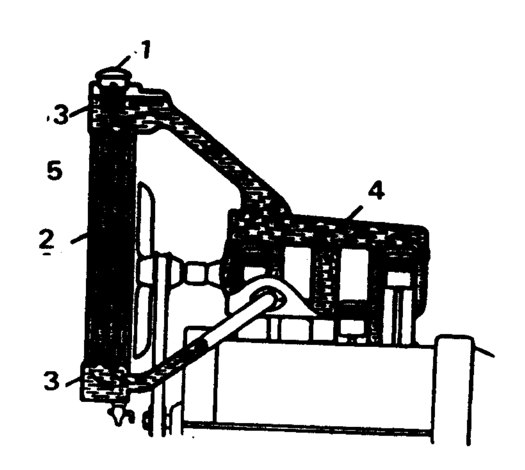
حيث تحاط الاجزاء المراد تبريدها بقمصان تبريد مملوءة بالماء، وتنتقل الحرارة من جدران الأسطوانات إلى الماء، ويقوم المشع (الرادتير) بنقل حرارة الماء إلى الهواء الجوى عن طريق الاشعاع . وتعتبر دورة التبريد بالماء دورة مغلقة، وتستخدم مروحة تبريد لتحسين تبريد المحرك . **ويمكن تقسيم دورات التبريد إلى :**

– دورات تبريد طبيعية . – دورات تبريد جبرية .

الشكل (٧ – ١٢) يعرض دورة تبريد طبيعية .

حيث إن :

فتحة الملىء	1
أنابيب التبريد الرأسية	2
المشع (الراديتير)	3
قميص التبريد	4
مروحة	5



الشكل (٧ - ١٢)

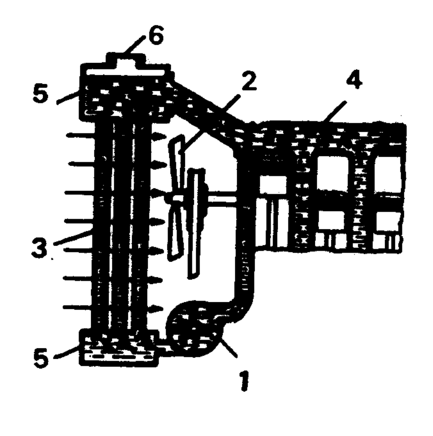
ويبنى نظرية عمل هذه الدورة علي أن الوزن النوعي للماء الساخن أقل منه للماء البارد؛ وبذلك فهو يرتفع أتوماتيكيًا إلى أعلى مسببًا فى استمرارية حركة الماء؛ لذلك ينبغى أن تكون فتحة خروج الماء فى أعلى المحرك أى فوق رأس الأسطوانات، بينما تكون فتحة دخول الماء البارد أسفل قميص التبريد، وتكون مساحة مقطع ممرات الماء أكبر ما يمكن حتى لا تعوق حركة دوران مياه التبريد.

ثانيًا: التبريد الجبرى:

الشكل (٧ - ١٣) يعرض دورة تبريد جبرية.

حيث إن:

مضخة مياه التبريد	1
مروحة	2
أنابيب التبريد	3
قميص تبريد	4
المشع (الراديتير)	5
فتحة الملىء	6



الشكل (٧ - ١٣)

ففى دورة التبريد الجبرية تدفع مياه التبريد عن طريق مضخة طاردة مركزية موجودة فى مسار مياه التبريد، وتأخذ حركتها من عمود المرفق، وتقوم المضخة بزيادة سرعة مياه التبريد.

والجدير بالذكر أن حجم المشع المستخدم مع دورات التبريد الجبرية يكون أصغر من حجم المشع المستخدم مع دورات التبريد الطبيعية، كما أن دورات التبريد الجبرية هى الأكثر انتشاراً.

٧ / ٢ / ٣ - دورة التزييت

يوجد لدورة التزييت عدة وظائف نذكر منها ما يلى:

١ - تقليل الاحتكاك على أسطح انزلاق المكابس داخل الأسطوانات.

٢ - تبريد أماكن كراسى محور عمود المرفق، وكراسى محور عمود الكامات (الحدبات)، وكرسى محور ذراع التوصيل مع المكبس ومع عمود المرفق.

٣ - تنظيف كراسى المحور من الرواسب المختلفة.

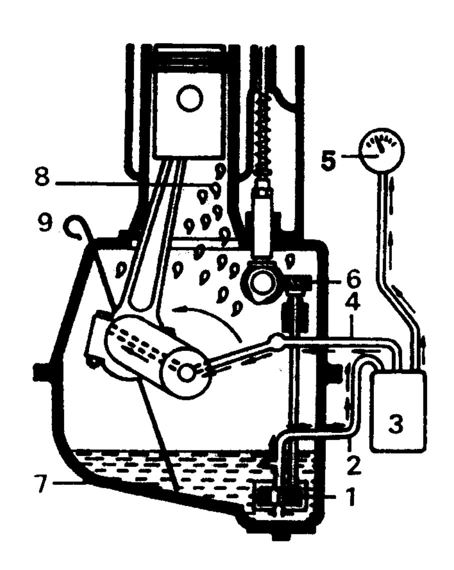
٣ - منع تسرب غازات الاحتراق من بين حلقات المكابس وأسطح الانزلاق للاسطوانات.

٤ - حماية الأجزاء الداخلية للمحرك من الصدأ. ويجب وصول الزيت باستمرار إلى كل أماكن التزييت بالمحرك أثناء التشغيل؛ وسوف نتناول دورة التزييت الجبرية المبينة بالشكل (٧ - ١٤).

حيث إن:

مضخة الزيت	1
ماسورة التوصيل بمرشح الزيت	2
مرشح الزيت	3
ماسورة التوصيل بمواضع التزييت المختلفة	4
عداد قياس ضغط الزيت	5
كرسى إدارة مضخة الزيت ويأخذ حركته من عمود الحدبات	6

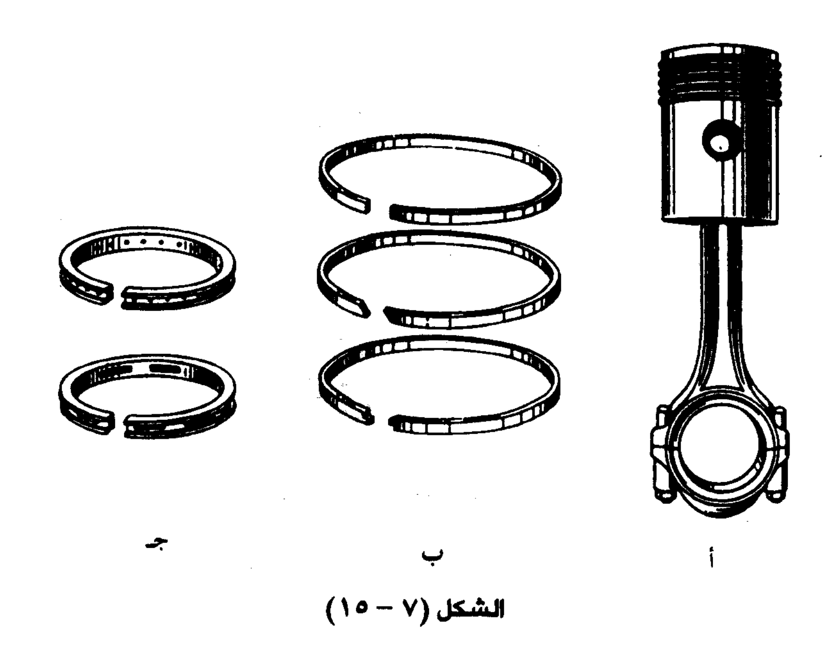
زيت التزييت	7
زيت الطرطشة	8
عصا قياس مستوى الزيت	9



الشكل (٧ - ١٤)

حيث يتدفع الزيت المضغوط بمضخة الزيت والتى تتكون من ترسين متداخلين معًا، أحدهما مثبت فى عمود الإدارة؛ ويأخذ حركته من عمود الحدبات عن طريق ترسين معدين لذلك، والآخر منقاد ويدور الترس المنقاد عكس الترس القائد . وعادة يوضع خط السحب للمضخة فى أسفل موضع بحوض الزيت، وتوجد فى مدخل ماسورة سحب الزيت مصفاة لحجز الشوائب، ومنعها من الدخول للمضخة؛ واتساخ هذه المصفاة يقلل من ضغط الزيت، ويخرج الزيت المضغوط من المضخة؛ ليمر عبر مرشح زيت، ليصل إلى كراسى محور عمود المرفق، ومنها إلى جميع كراسى المحور المختلفة، ويكون ضغط الزيت الطبيعى حوالى 2:3 ضغط جوى. وينتقل جزء من الزيت إلى الأسطوانات والمكابس نتيجة للطرطشة الناتجة عن حركة عمود المرفق داخل حوض الزيت، ويعود الزيت الزائد من الأسطوانات بواسطة حلقة (شنبر) كسح

الزيت المثبتة على المكبس، والتى تمنع من وصول الزيت إلى غرفة الاحتراق. والشكل (٧ – ١٥) يعرض ذراع توصيل ومعه المكبس، ويظهر على المكبس حلقات (شنابر) الضغط، وحلقات (شنابر) كسح الزيت (الشكل أ)، وحلقات ضغط (الشكل ب)، وحلقات كسح زيت (الشكل جـ)؛ علمًا بأن حلقات الضغط تمنع تسرب الضغط من غرفة الحريق إلى داخل المحرك.



الشكل (٧ – ١٥)

٧ / ٢ / ٤ – دورة حقن الوقود

أكثر أنظمة الوقود شيوعًا ما يلى:

أ- مضخة الحقن: وتصمم هذه المضخة لتحقيق ما يلى:

١ – توليد ضغط حقن عالٍ.

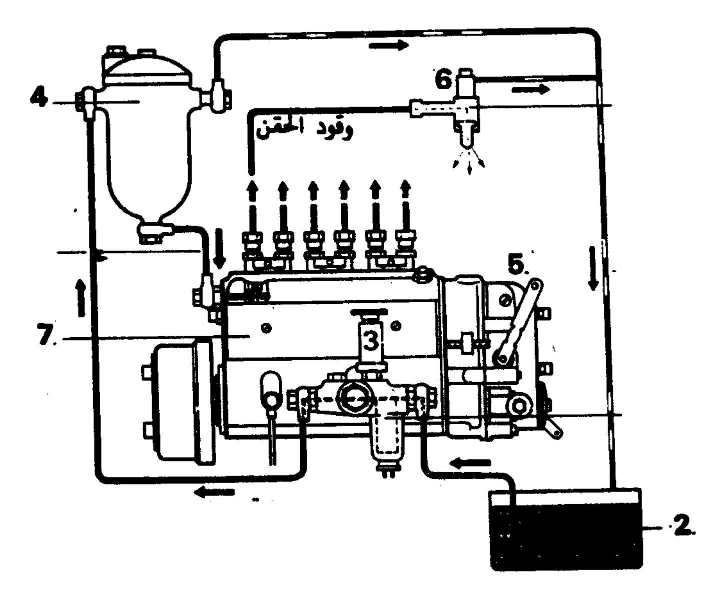
٢ – السماح بتغيير كمية الوقود المحقون تبعًا للحمل.

٣ – ضخ كمية وقود واحدة فى كل الأسطوانات.

٤ – إمكانية إيقاف الحقن فى أى وقت.

٥ – إمكانية تغيير توقيت الحقن.

والشكل (٧ – ١٦) يعرض مضخة حقن متتالٍ لمحرك ديزل بست أسطوانات.



الشكل (٧ – ١٦)

وهى تحتوى على عنصر ضخ مستقل لكل أسطوانة، ويتكون عنصر الضخ من أسطوانة صغيرة، ومكبس بخلوص يتراح ما بين (0.002:0.003 mm)، وتزود مضخة الحقن بمضخة إمداد وقود (1) لسحب الوقود من الخزان (2)، ومضخة تحضير يدوية (3)؛ تستخدم فى تحضير الوقود يدويًا عند وجود هواء بدورة الوقود. ومرشح ابتدائى 4 وتزود مضخة الحقن (7) بذراع تحكم فى كمية الوقود المحقون (5)؛ وتقوم مضخة الوقود بحقن الوقود فى الوقت المناسب إلى الرشاشات(6)؛ وذلك بطريقة تتابعية قرب نهاية شوط الانضغاط، حيث يخصص رشاش لكل أسطوانة.

ب – **وحدات الحقن الواحدة one unit injectors** حيث تستخدم وحدة حقن أو أكثر لكل أسطوانة، وتقوم وحدة الحقن بتنظيم توقيت وضغط حقن الوقود، وتقوم مضخة وقود عادية بالضخ المستمر للوقود إلى وحدات الحقن خلال مواسير ضغط منخفض، ويتمز نظام وحدات الحقن بسهولة إجراء الصيانة له،

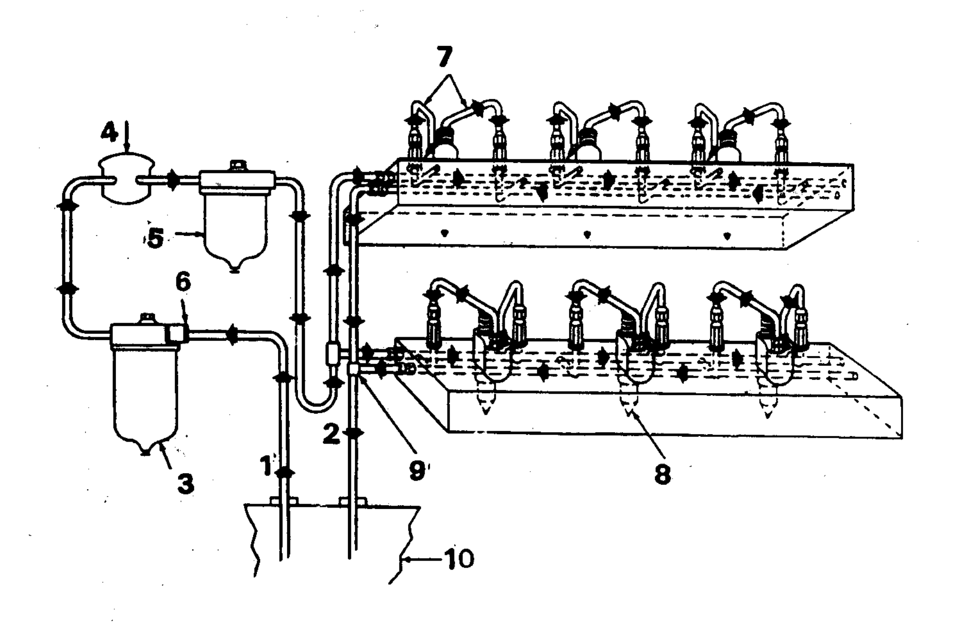
ويقوم هذا النظام بطرد الهواء تلقائياً بدون الحاجة لعملية التحضير.

والشكل (٧ – ١٧) يعرض نظام وحدات الحقن للشركة الأمريكية Detroit Diseal Allison.

حيث إن:

خط الوقود الداخل	1	صمام لارجعى	6
خط الوقود الراجع	2	خطوط وقود	7
مرشح	3	وحدة حقن	8
مضخة	4	وصلة T خاصة	9
مرشح	5	خزان الوقود	10

والجدير بالذكر أن وحدة الحقن الواحدة تتكون داخلياً من مضخة حقن ورشاش.



الشكل (٧ – ١٧)

٧ / ٣ - خزان الوقود اليومى والرئيسى

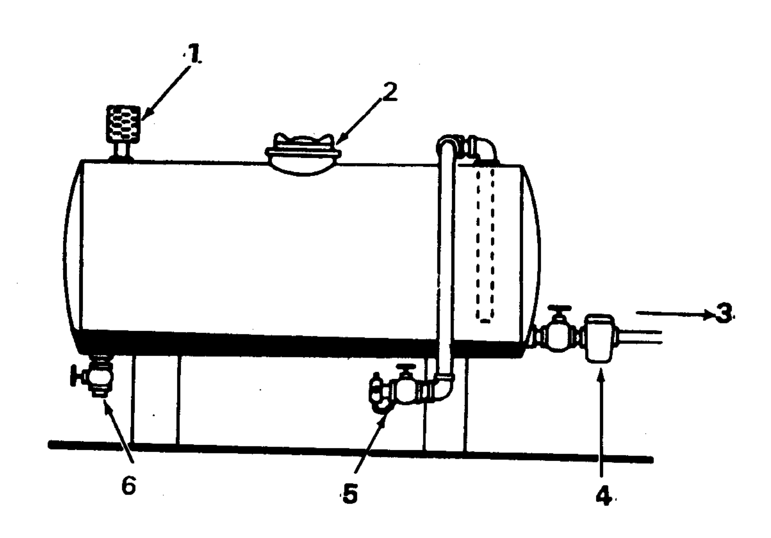
إنه لمن الضرورى المحافظة على وقود الديزل خالٍ من الماء، وخالٍ أيضًا من الأجسام الغريبة الضارة التى تضر مضخة الحقن والرشاشات . وعادة ينصح بتخزين وقود الديزل للمولد فى خزان يومى، ولا ينصح بتخزين كمية كبيرة من الوقود؛ لأن ذلك يؤدى لتكون رغاوى وتكاثف لبخار الماءداخل الخزان؛ بالإضافة لذلك فإنه يحدث انهيار للوقود نتيجة للتقادم؛ لذلك فإن تخزين كمية كبيرة من الوقود يحتاج لبعض الإضافات .

والجدير بالذكر أن تخزين الوقود فى خزانات موضوعة فوق الأرض يساعد على انهياره بسرعة أكثر من الوقود المخزن فى خزانات تحت الأرض .

والشكل (٧ – ١٨) يعرض خزان وقود يوضع فوق الأرض .

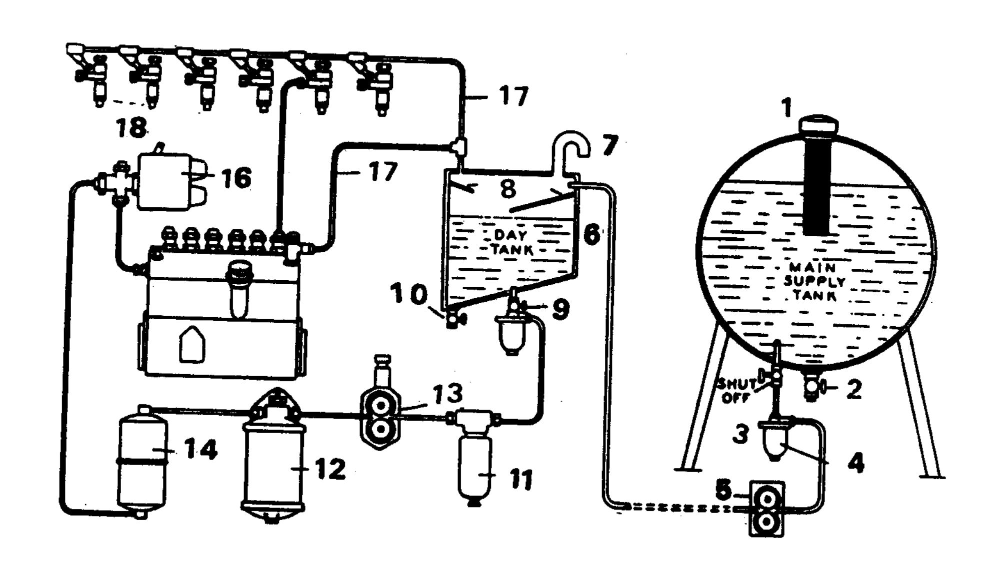
حيث إن :

فتحة تهوية ومرشح للهواء	1	مرشح وقود ابتدائى	4
غطاء الفتحة الرئيسية	2	محبس خط الملىء	5
إلى المولد	3	محبس تصريف المتكاثف	6



الشكل (٧ – ١٨)

والشكل (٧ - ١٩) يعرض طريقة توصيل خزان رئيسى مع خزان يومى لماكينة ديزل لأحد المولدات.



الشكل (٧ - ١٩)

حيث إن:

الرقم	البيان
1	خزان رئيسى
2	محبس لتصريف المتكاثف
3	محبس يدوى لغلق مخرج الخزان الرئيسى
4	مصيدة
5	مضخة وقود
6	خزان يومى
7	فتحة تنفيس
8	مصدات
9	محبس يدوى لغلق مخرج الخزان اليومى
10	فتحة تصريف محتويات الخزان اليومى
11	مرشح ابتدائى
12	مرشح ثانوى
13	مضخة التغذية الابتدائية للماكينة
14	مرشح نهائى
15	مضخة حقن
16	صمام كهربى يفتح عند عمل الماكينة
17	خطوط الراجع
18	رشاشات

وفيما يلى أهم التوصيات الخاصة بخزانات الوقود :

١ - يجب أن تكون جميع مواسير الوقود مواسير حديد سوداء؛ ويجب أن تكون أقطارها تتبع توصيات الشركة المصنعة للماكينة، والتى تعتمد على قدرة الماكينة؛ ويجب أن يكون قطر خط الفائض والراجع من الماكينة أكبر من أو يساوى خط التغذية للماكينة.

٢ - يجب أن يكون ارتفاع خط التنفيس للخزان اليومى أعلى من جميع الخطوط الأخرى بحوالى 1.5 m .

٣ - يجب التخلص من الماء المتكاثف فى الخزان اليومى مرة كل سنة على الأقل.

٤ - ينصح باستخدام مضخة بدوية تستخدم عند وجود مشكلة فى المضخة الكهربية.

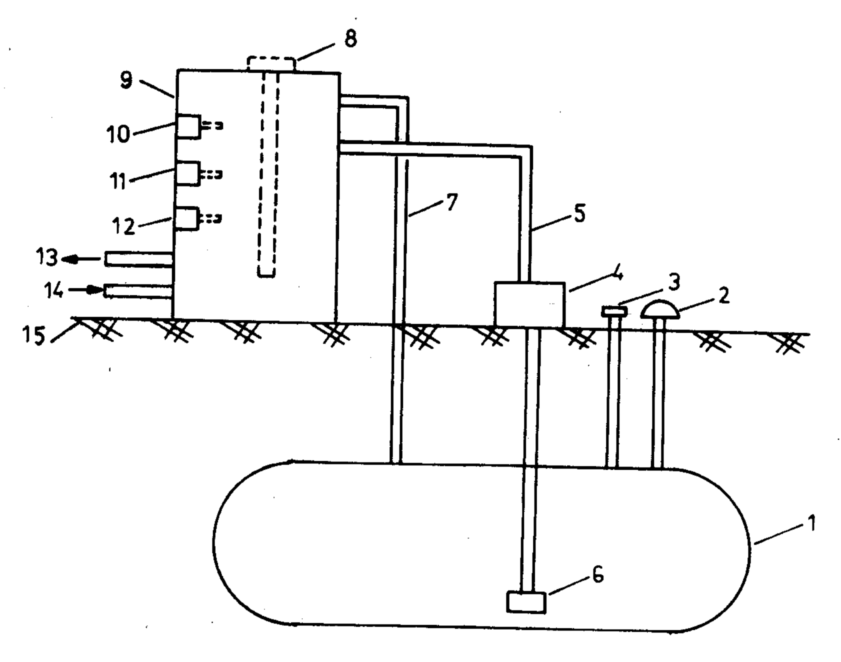
٥ - العمق الأقصى للخزان الرئيسى تحت الأرض 5.5m.

٦ - البعد الأقصى بين الخزان اليومى والخزان الرئيسى والذى لا يحتاج إلى مضخة منفصلة هو 60m.

٧ - ارتفاع مضخة التغذية والإمداد للماكينة؛ يجب أن تكون أعلى من مستوى الوقود فى الخزان اليومى بما لا يقل عن 13cm .

٧ / ٣ / ١ - دائرة التحكم الخاصة بملىء الخزان اليومى

عادة يخصص لكل مولد خزان وقود يومى Daily tank يوضع بجوار المولد. والشكل (٧ - ٢٠) يعرض مجموعة الخزان اليومى والرئيسى لأحد مولدات الديزل.



الشكل (٧ – ٢٠)

حيث إن :

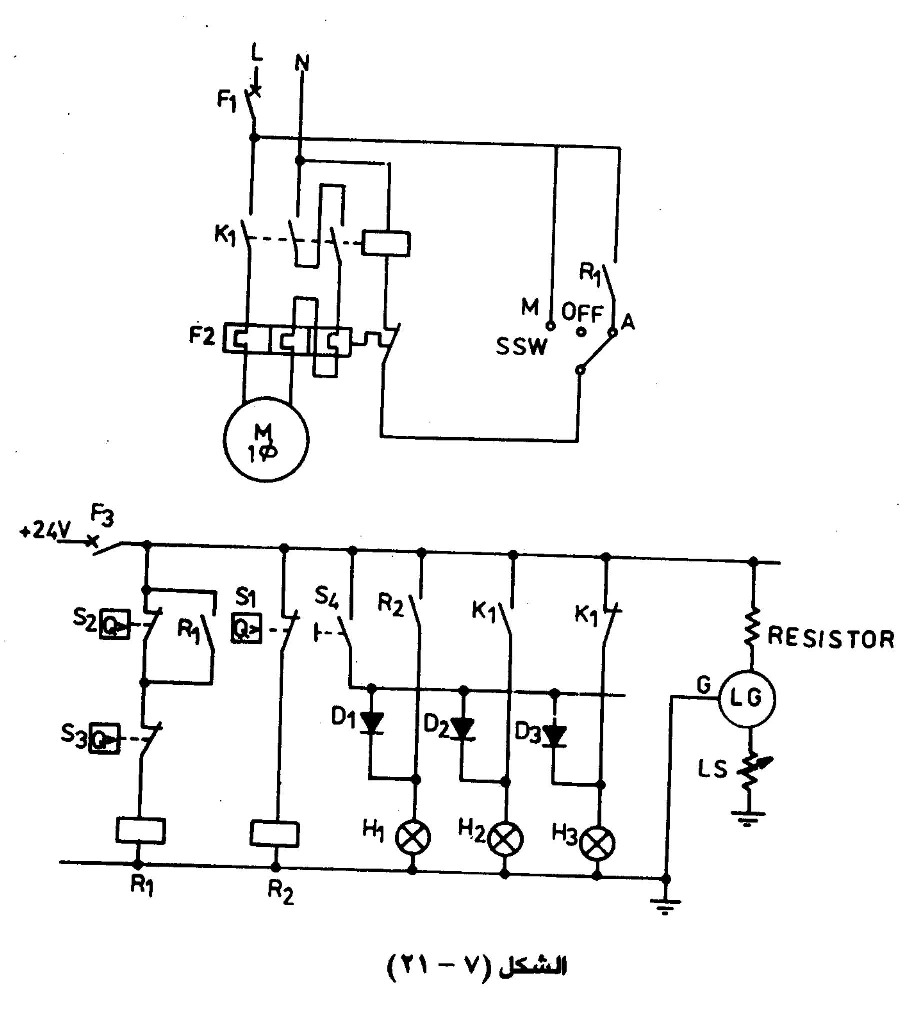
الخزان الرئيسى	1
خط التهوية للخزان الرئيسى	2
خط ملىء الخزان الرئيسي	3
مضخة السحب من الخزان الرئيسى	4
خط السحب من الخزان الرئيسى لملىء الخزان اليومى	5
مرشح فى بداية خط السحب	6
خط رجوع الزائد من الخزان الرئيسى إلى الخزان اليومى	7
مجس مستوى الوقود	8
الخزان اليومى	9
مفتاح عوامة مستوى إيقاف مضخة السحب off	10

مفتاح عوامة مستوى بدء تشغيل مضخة السحب ON	11
مفتاح عوامة المستوى السفلى LOW	12
خط تغذية ماكينة الديزل للمولد	13
خط الراجع من ماكينة الديزل	14

والشكل (٧ – ٢١) يعرض الدائرة الرئيسية، ودائرة التحكم فى مضخة ملىء الخزان اليومى

حيث إن:

قاطع دائرة قطب واحد	F_1, F_3
كونتاكتور	K_1
متمم حرارى	F_2
مفتاح الوظيفة (A - OFF - M)	SSW
ريلاى بدء مضخة الملىء	R_1
ريلاى المستوى المنخفض للخزان اليومى	R_2
موحدات	D_1-D_3
عداد مستوى الوقود فى الخزان	LG
مجس المستوى	LS
مفاتيح عوامة	S_1, S_2, S_3
لمبة بيان حمراء المستوى السفلى	H_1
لمبة بيان حمراء لتوقف المضخة	H_3
لمبة بيان خضراء لعمل المضخة	H_2
ضاغط اختبار اللمبات	S_4



الشكل (٧ – ٢١)

نظرية التشغيل:

يوضع مفتاح اختيار طريقة التشغيل SSW على وضع التشغيل الأتوماتيكى A، ويتم غلق القواطع F1, F3؛ ففى بداية التشغيل يكون خزان الوقود اليومى فارغاً، وبالتالى تكون ريش مفاتيح مستوى الوقود S1, S2, S3 مغلقة، فيكتمل مسار تيار الريلاى R1 والريلاى R2 فتغلق الريشة R2 الموصلة بلمبة البيان H1 فتضىء، وكذلك تغلق الريشة R1 الموصلة بالتوالى مع الكونتاكتور K1 فيكتمل مسار التيار للكونتاكتور؛ وتغلق الأقطاب الرئيسية للكونتاكتور؛ وكذلك تنعكس باقى ريش الكونتاكتور؛ فتضىء اللمبة H2؛ للدلالة على عمل المحرك وتنطفئ لمبة إيقاف المحرك H3 وتعمل المضخة. وعند وصول الوقود لمستوى مفتاح العوامة S2 تفتح ريشة

العوامة S 2؛ ولكن يظل مسار تيار R2 مكتملاً نتيجة لغلق ريشة الإبقاء الذاتى R2 الموصلة بالتوازى مع S2 ، وبمجرد وصول الوقود إلى مستوى S3 تفتح الريشة S3؛ فينقطع مسار التيار للريلاى R1 وتعود ريشة R1 الموصلة مع ملف الكونتاكتور K1 مفتوحة مرة أخرى، ويفصل الكونتاكتور K1، وتعود ريش الكونتاكتور لوضعها الطبيعى؛ وتتوقف المضخة وتنطفئ H2، فى حين تضىء H3 للدلالة على توقف المضخة. ويمكن اختبار لمبات البيان H1, H2, H3؛ وذلك بالضغط على ضاغط الاختبار S4 . ويقوم جهاز مستوى الوقود LG بتحديد مستوى الوقود فى الخزان اليومى؛ وذلك نتيجة لتغير مقاومة مجس المستوى LS تبعاً لتغير مستوى الوقود.

٧ / ٤ - الأجهزة الكهربية المرفقة مع ماكينة الديزل

يوجد عدة عناصر كهربية مرفقة مع ماكينة الديزل مثل :

١ - البطارية وعادة تكون بطارية حمضية Lead acid battery .

٢ - مولد شحن البطارية .

٣ - محرك بدء حركة ماكينة الديزل Crank motor .

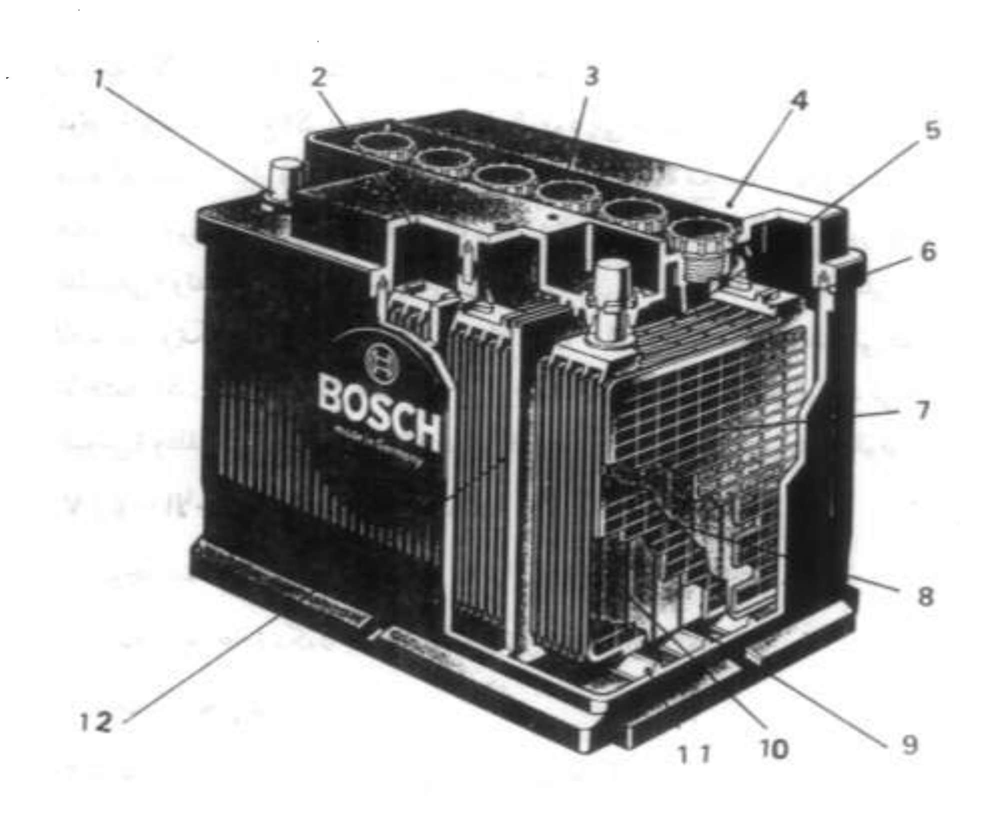
٧ / ٤ / ١ - البطاريات الحمضية

يوجد نوعان من البطاريات الحمضية المستخدمة مع المولدات وهما :

- البطاريات المفتوحة .

- البطاريات المغلقة والتى لا تحتاج لصيانة وتقاس سعة البطاريات بصفة عامة بوحدة الأمبير ساعة AH .

والشكل (٧ - ٢٢) يعرض أجزاء بطارية حمضية مفتوحة (تقليدية) من إنتاج شركة Bosch الألمانية .



الشكل (٧ – ٢٢)

حيث إن :

قطب البطارية السالب	1	لوح سالب رمادى اللون	7
وصلة مباشرة بين خليتين	2	لوح موجب بنى غامق	8
فتحة تهوية	3	غرفة أحد الخلايا	9
غلاف بلاستيكى	4	حواجز بلاستيكية بين الألواح	10
مبين مستوى الحامض	5	ركائز لرفع الألواح	11
شريط من الرصاص	6	حاجز بين خلية وأخرى	12

ويلاحظ أن البطارية تتكون من غلاف خارجى مصنوع من مواد مقاومة للأحماض مثل: المطاط الصلب أو البلاستيك، وهو مقسم من الداخل لست خلايا ويوضع بداخل كل خلية مجموعة من الألواح الموجبة والسالبة المعزولة عن بعضها بفواصل عازلة وتصنع الألواح من شبكة من أنتومينا الرصاص عليها عجينة من الرصاص (القطب السالب) وعجينة من أكسيد الرصاص (القطب الموجب). ويغطى غلاف البطارية بغطاء يحتوى على فتحات لإضافة المحلول والماء للخلايا المختلفة.

٧ / ٤ / ٢ - مولدات شحن البطاريات

يوجد نوعان من مولدات شحن البطاريات وهما :

١ - مولدات تيار متردد (مولدات تزامنية).

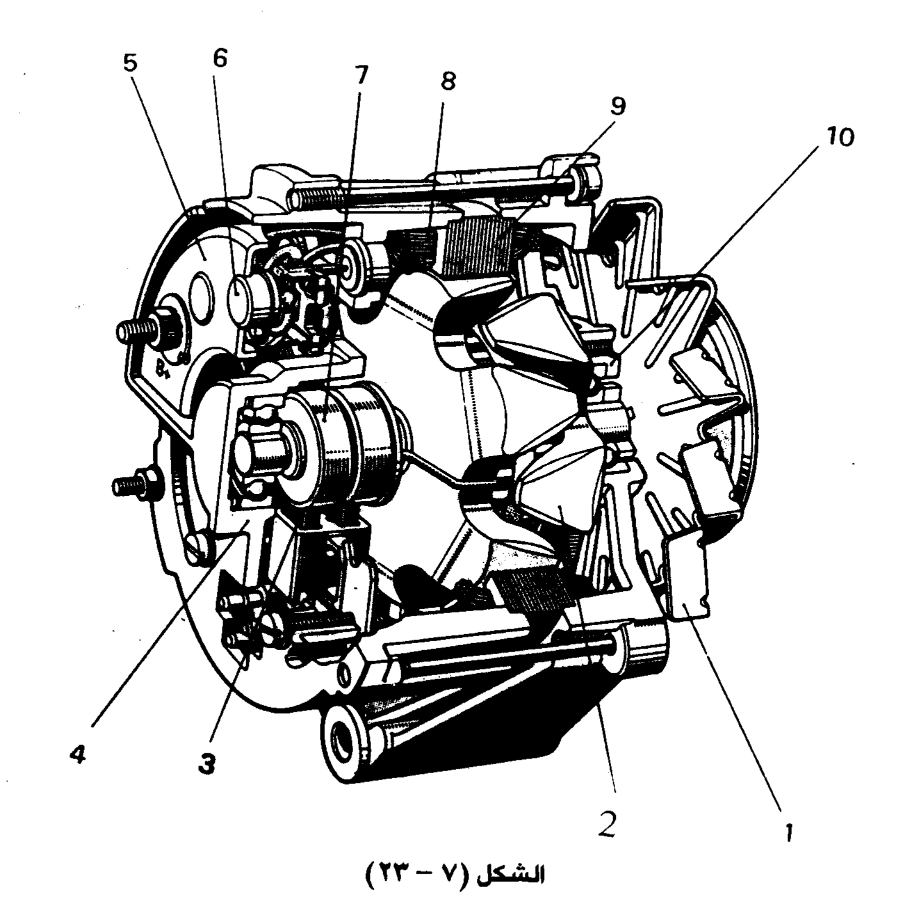
٢ - مولدات تيار مستمر.

أولاً : مولدات التيار المتردد :

لا تختلف نظرية عمل مولدات التيار المتردد المستخدمة فى شحن البطاريات عن نظرية عمل المولدات التزامنية التى تناولناها فى الباب الأول. والشكل (٧ - ٢٣) يعرض قطاعاً فى مولد تيار متردد من إنتاج شركة Robert bosch corp.

حيث إن :

مروحة	1	موحد	6
أصابع الأقطاب	2	حلقات انزلاق	7
فرش كربونية	3	ملفات العضو الثابت	8
كرسى محور	4	القلب المغناطيسى للعضو الثابت	9
مبدد حرارة	5	كرسى محور	10



الشكل (٧ – ٢٣)

أما الشكل (٧ – ٢٤) فيعرض أجزاء العضو الدوار لمولد التيار المتردد المستخدم في شحن البطاريات .

حيث إن :

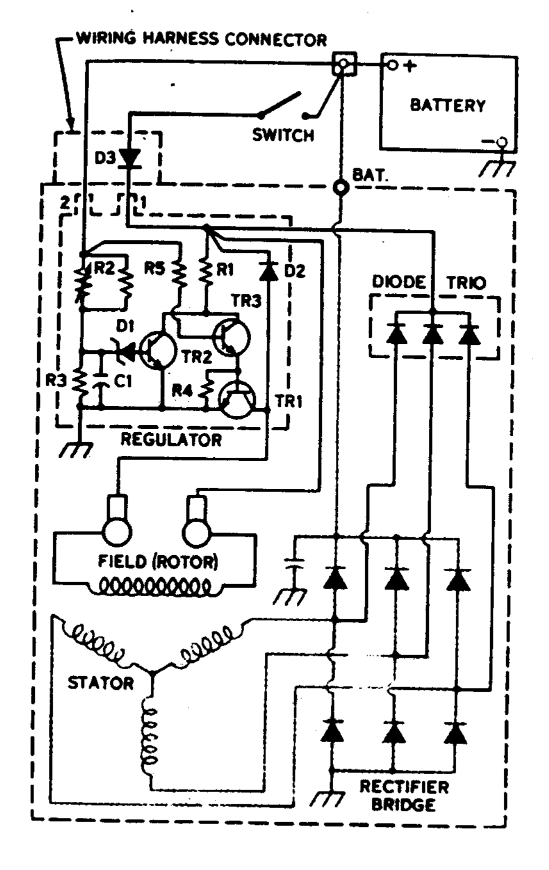
1 ملفات العضو الدوار

2 حلقات انزلاق

3 أقطاب مغناطيسية

الشكل (٧ – ٢٤)

ويتم تغذية العضو الدوار بتيار مستمر، في حين يتم الحصول على تيار متردد ثلاثى الوجة من ملفات العضو الثابت، ويتم توحيد خرج المولد بواسطة ستة موحدات. وللحصول على شحن مناسب للبطارية تستخدم دائرة الكترونية تعرف بالمنظم Regulator.



الشكل (٧ - ٢٥)

والشكل (٧ - ٢٥) يعرض دائرة مولد تيار متردد بالمنظم، يستخدم فى شحن البطاريات.

ويلاحظ أن المولد يخرج منه ثلاثة أطراف وهم Bat, 1, 2؛ حيث يوصل كل من (Bat , 2) مع القطب الموجب للبطارية، أما الطرف 1 فيوصل مع موحد بمفتاح بدء ماكينة الديزل ويمنع الموحد D_3 مرور التيار الكهربى من الطرف 1 إلى البطارية فى حين يسمح تغذية ملف المجال بالتيار الكهربى فى بداية التشغيل لتوفير المجال المطلوب.

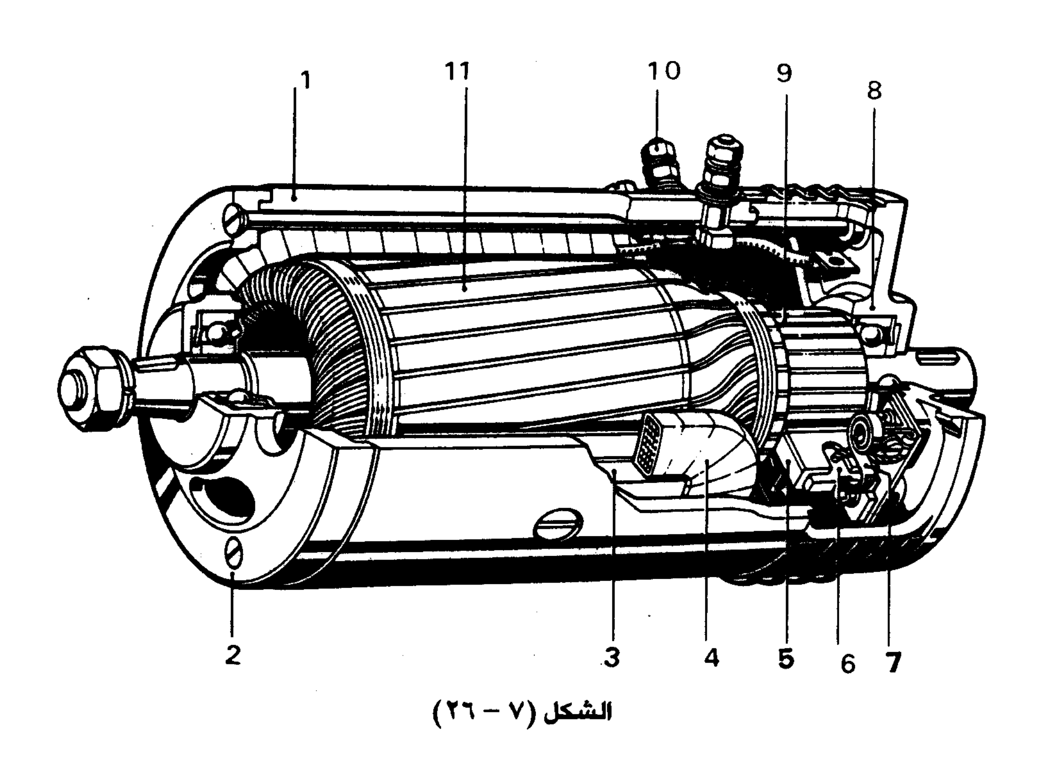
ثانيا: مولدات التيار المستمر:

يتركب مولد التيار المستمر من عضو ثابت Stator يحمل الأقطاب المغناطيسية Main Poles وعضو دوار Armature يحمل ملفات التيار المستمر.

والشكل (٧ - ٢٦) يعرض مخططاً توضيحياً لمولد تيار مستمر يستخدم فى شحن البطاريات من إنتاج شركة Robert Bosch Corp.

حيث إن :

العضو الثابت	1	ياى الفرشة	7
غطاء نهاية	2	غطاء نهاية	8
حذاء القطب	3	عضو التوحيد	9
ملفات المجال	4	أطراف توصيل	10
حامل الفرشة	5	العضو الدوار (عضو الاستنتاج)	11
الفرشة	6		

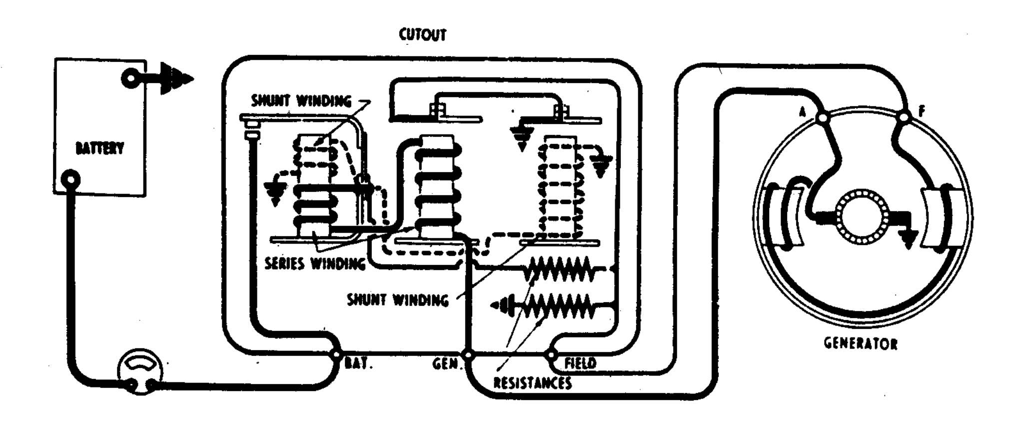


الشكل (٧ - ٢٦)

والجدير بالذكر أن عضو الاستنتاج يتكون من قلب مغناطيسى أسطوانى مصنوع من رقائق من الصلب السليكونى المعزولة عن بعضها، وتحتوى على مجارى طولية تحتوى على الملفات الكهربية، ويثبت فى القلب المغناطيسى عضو توحيد

Commutator مقسم للامات طولية معزولة عن بعضها، وتوصل أطراف الملفات مع هذه اللامات بطريقة معينة أثناء التصنيع، ويثبت على عضو التوحيد للعضو الدوار فرش كربونية تنزلق على عضو التوحيد، ويتم دفع الفرش الكربونية تجاه عضو التوحيد بواسطة يايات موضوعة داخل حامل الفرش، وعند إدارة العضو الدوار يخرج تيار مستمر من الفرش الكربونية. وعادة يتم تنظيم الجهد الخارج من مولد التيار المستمر بواسطة Cut out.

والشكل (٧ - ٢٧) يوضح طريقة توصيل المولد Generator، والبطارية Battery، وجهاز أميتر Ammeter، والمنظم Cut out.



الشكل (٧ - ٢٧)

ويلاحظ أن المنظم له ثلاثة أطراف وهم (Bat, Gen, Field) ، ويوصل طرف Bat مع البطارية عبر الأميتر، ويوصل طرف Gen مع الطرف A للمولد، ويوصل الطرف Field مع الطرف F للمولد.

والجدير بالذكر أن مولدات التيار المتردد يفضل استخدامها عن مولدات التيار المستمر فى شحن البطاريات للمميزات التالية:

١ - أخف وأصغر.

٢ - تحتوى على عناصر متحركة أقل.

٣ – تحتاج لصيانة أقل.

٤ – تقلل من سعة البطارية المرفقة بالأمبير ساعة نتيجة لإمكانية الشحن السريع لها.

٥ – عمر طويل لفرشها الكربونية حيث يمر تيار أقل فيها.

٦ – أسهل فى الإصلاح.

٧/٤/٣ – محركات بدء الحركة

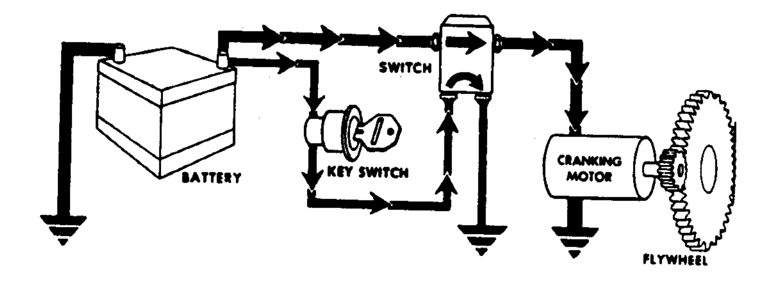
معظم محركات بدء الحركة المستخدمة مع محركات الديزل تعمل عند جهد 12V أو 24V تيار مستمر. ويعمل محرك البدء على إدارة الطارة الحدافة لماكينة الديزل وبمجرد حدوث شوط قدرة واحد فى ماكينة الديزل؛ يفصل التيار الكهربى عن محرك البدء.

والجدير بالذكر أن الحركة تنتقل من محرك البدء إلى ترس الطارة الحدافة بواسطة ترس البنيون Pinion المثبت على عمود محرك البدء.

والشكل (٧ – ٢٨) يبين دائرة مبسطة لتشغيل محرك بدء حركة ماكينة الديزل.

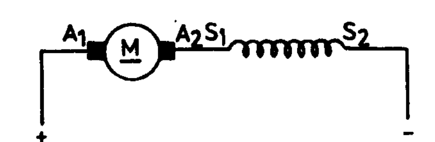
حيث إن:

طارقة حدافة	Flywheel
محرك بدء الحركة	Cranking motor
مفتاح كهرومغناطيسى	Switch
مفتاح البدء	Key switch
بطارية	Battery



الشكل (٧ – ٢٨)

وعادة يكون محرك بدء الحركة يكون محرك تيار مستمر نوع التوالى ودائرته كما بالشكل (٧ – ٢٩).



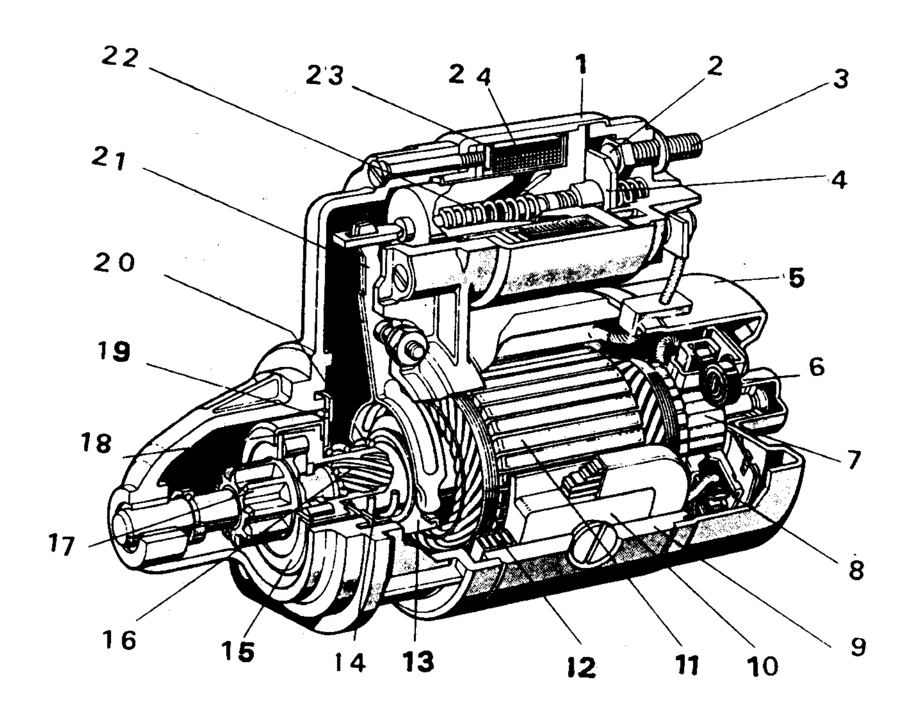
الشكل (٧ – ٢٩)

ونظراً لأن تيار بدء محركات البدء قد يصل إلى 100A أو أكثر؛ لذلك فعادة يرافق محرك البدء مفتاح كهرومغناطيسى لوصل وفصل التيار الكهربى عن محرك البدء. والشكل (٧ – ٣٠) يعرض نموذجاً لمحرك بدء من صناعة شركة (Robert Bosch Corp).

حيث إن:

مفتاح كهرومغناطيسى	1
ريشة تلامس	2
طرف توصيل	3
ريشة متحركة	4
غطاء نهاية لعضو التوحيد	5
ياى الفرشة الكربونية	6
عضو توحيد	7
فرشة كربونية	8
جسم العضو الثابت	9
حذاء القطب	10
العضو الدوار (عضو الاستنتاج)	11
ملفات المجال	12
حلقة دليلية (إرشادية)	13

وسيلة إيقاف	14
كلاتش	15
عمود عضو الاستنتاج مزود بمجارى حلزونية	16
ترس البنيون	17
القائد	18
قرص الفرملة	19
ياى التعشيق	20
ذراع دفع ترس البنيون	21
ياى إرجاع	22
ملف إمساك	23
ملف تحرير	24



الشكل (٧ - ٣٠)

٧ / ٥ - البدء فى الأجواء الباردة

إن بدء محركات الديزل فى الأجواء الباردة لمن المشاكل الكبيرة خصوصاً وأن كفاءة البطارية تقل بحدة مع انخفاض درجة الحرارة، كما أن لزوجة الزيت تزداد جداً مع انخفاض درجة الحرارة، الأمر الذى يؤدى إلى استحالة دوران ماكينة الديزل فى الأجواء الباردة فى زمن البدء العادى والذى يتراوح ما بين (3.7:7.5) ثانية.

لذلك فإن هناك بعض الطرق المستخدمة للمساعدة فى بدء ماكينة الديزل فى الأجواء الباردة مثل:

١ - استخدام أنواع خاصة من الوقود الكحولى الأيثيلى.

٢ - تسخين ماء التبريد.

٣ - تسخين زيت التزييت.

٤ - تسخين هواء الدخول.

٥ - تسخين إضافى لغرفة الحريق بشمعة التسخين.

٦ - تسخين بطارية البدء.

وتعتبر أهم الطرق المستخدمة لتحسين بدء ماكينة الديزل هى الطريقة الثانية والثالثة والخامسة.

والشكل (٧ - ٣١) يعرض ماكينة ديزل بأربعة أسطوانات تستخدم شمعات تسخين للبدء من إنتاج شركة Volkswagen of America, Inc. .

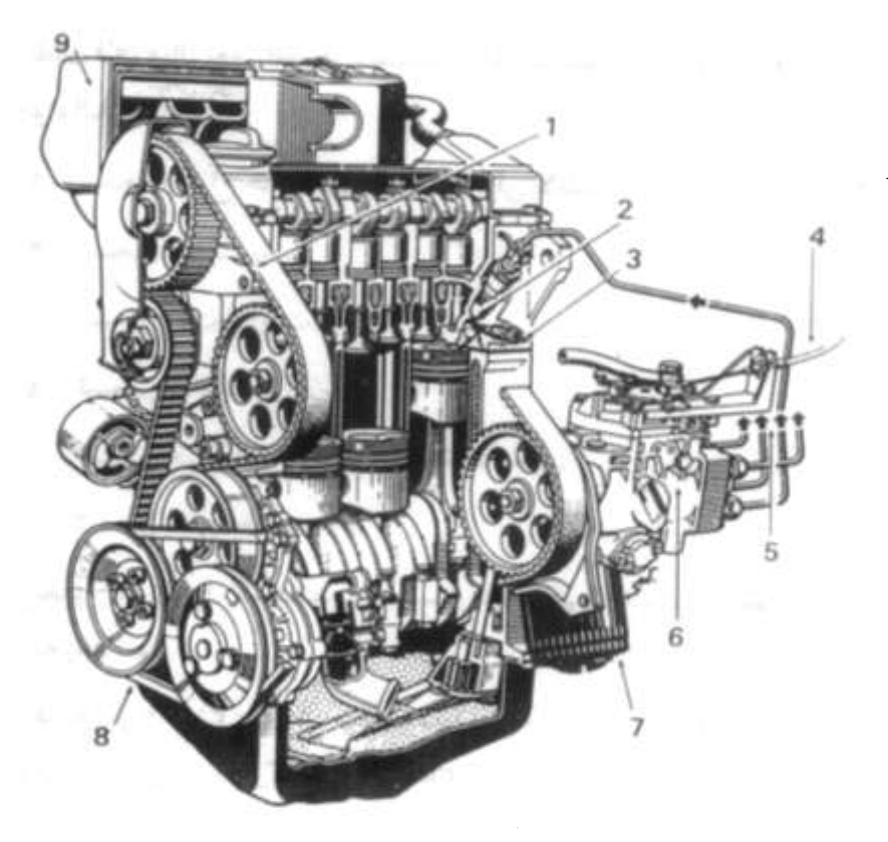
سير نقل الحركة من عمود المرفق إلى عمود الكامات (الحدبات)	1
رشاش	2
شمعة تسخين	3
حبل يتحكم فى ذراع التحكم فى تدفق مضخة الحقن	4
خطوط الوقود المتصلة بالرشاشات	5

6 مضخة وقود مدارة بسير

7 مرشح زيت

8 سير على شكل (V) لنقل الحركة من عمود المرفق للمضخة والمولد

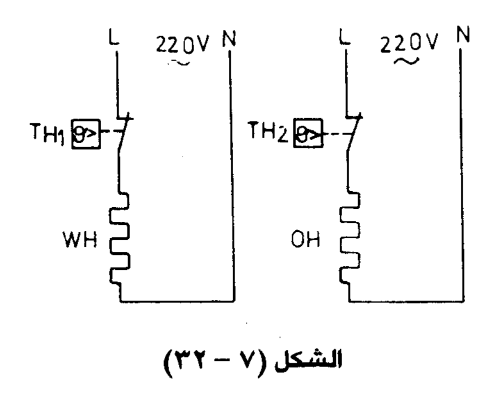
9 مرشح هواء



الشكل (٧ - ٣١)

والشكل (٧ - ٣٢) يعرض الدائرة الكهربية لسخان زيت OH قدرته **125W** يعمل عند جهد 220V (الشكل أ)، والدائرة الكهربية لسخان ماء التبريد **WH** قدرته 750W ويعمل عند جهد 220V، ويتم تغذيتها من الكهرباء العمومية أثناء وجود المصدر الكهربى الرئيسى.

والجدير بالذكر أن قدرة سخان الماء لمولد سعته 750KVA، تصل إلى 2250W، في حين تصل قدرة سخان الزيت إلى 600W لنفس المولد .



الشكل (٧ - ٣٢)

الباب الثامن

المخططات الكهربية لوحدات التوليد

المخططات الكهربية لوحدات التوليد

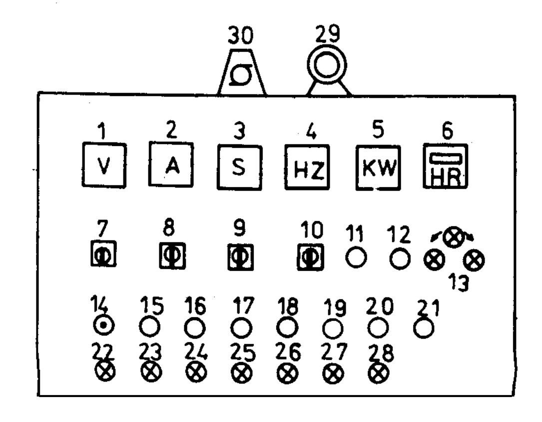
٨ / ١- المخططات الكهربية لوحدة توليد سعتها 250 KVA

الشكل (٨ – ١) يعرض لوحة التحكم لهذه الوحدة.

حيث إن:

جهاز فولتميتر	1
جهاز أميتر	2
جهاز توافق	3
جهاز قياس تردد	4
جهاز قياس قدرة فعالة	5
قياس الساعات	6
مفتاح اختيار الجهد	7
مفتاح اختيار التيار	8
مفتاح تشغيل جهاز التوافق	9
مفتاح زيادة وتقليل السرعة	10
ضاغط غلق الكونتاكتور الرئيسى	11
ضاغط فتح الكونتاكتور الرئيسى	12
لمبات التزامن	13
نقطة معايرة جهد أطراف المولد	14
ضاغط المعرفة	15
ضاغط تحرير الإنذار	16

ضاغط تشغيل الماكينة	17
ضاغط إيقاف الماكينة	18
ضاغط اختبار اللمبات	19
لمبة انخفاض ضغط الزيت	20
لمبة انخفاض درجة حرارة الزيت	21
لمبة ارتفاع درجة حرارة الماء	22
لمبة زيادة السرعة	23
لمبة بيان تعدى زمن البدء	24
لمبة زيادة التيار أو القصر	25
لمبة انعكاس القدرة	26
لمبة التسرب الأرضى	27
لمبة بيان التشغيل العادى	28
بوق الإنذار الصوتى	29
لمبة الإشارة الدوارة	30



والشكل (٨ – ٢) يعرض المخططات الكهربية لهذه الوحدة والتى سعتها 250KVA حيث تستخدم دائرة الكترونية واحدة خاصة بمنظم الجهد AVR، ويستخدم كونتاكتور رئيسى للتحكم فى وصل وفصل أحمال المولد، وكذلك تستخدم ريليهات التحكم التالية :

- ريلاى زيادة التيار.
- ريلاى قصر الدائرة.
- ريلاى تسرب أرضى.
- ريلاى انعكاس القدرة.

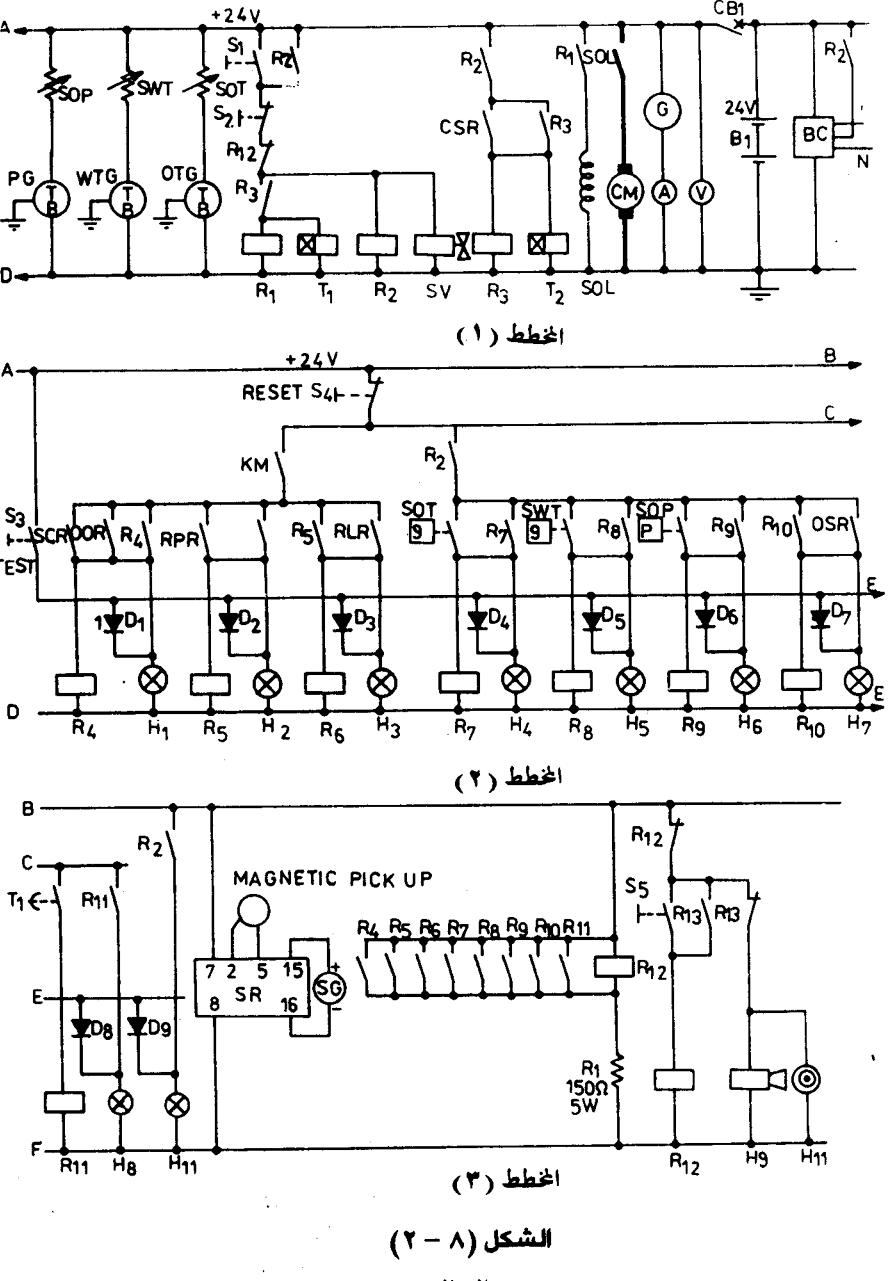
ويمكن لهذا المولد تشغيله بمفرده، وكذلك تشغيله بالتوازى مع الشبكة الرئيسية وذلك يدوياً، أما بخصوص ماكينة الديزل للمولد فيتم التحكم فيها بالطرق التقليدية باستخدام مجموعة ريليهات كهرومغناطيسية بالاستعانة بالعناصر التالية :

١ – مجس درجة حرارة الماء.

٢ – مجس درجة حرارة الزيت.

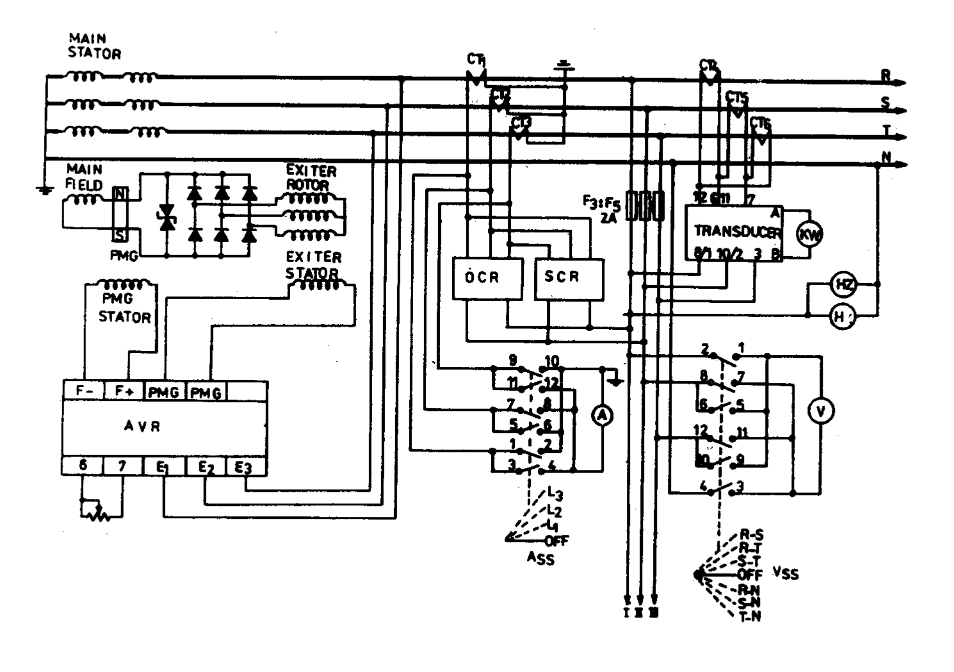
٣ – مجس ضغط الزيت.

٤ – ريلاى سرعة.



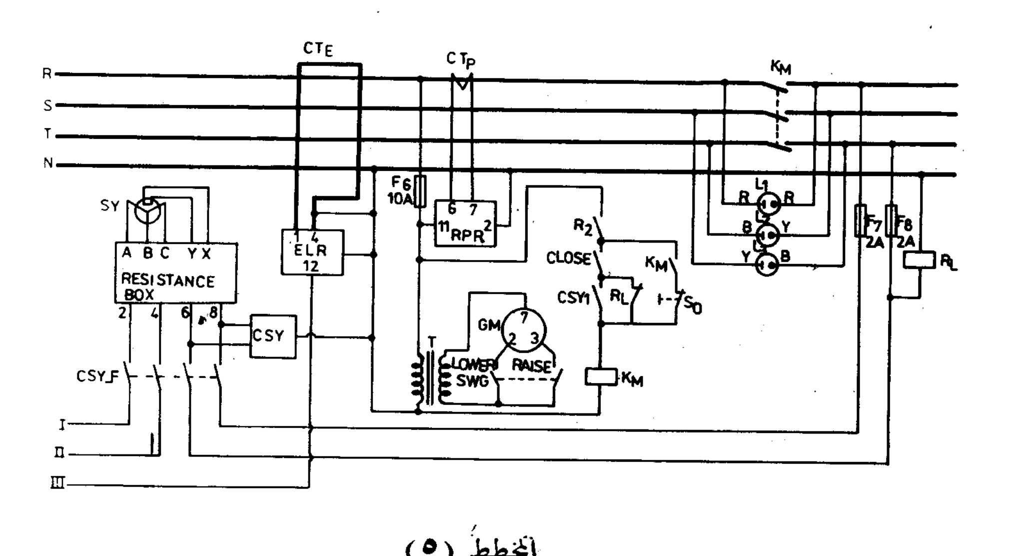
+24V
A
D
SOP
SWT
SOT
PG
WTG
OTG
S1
S2
R12
R3
R1
T1
R2
SV
CSR
R3
T2
SOL
CM
G
A
V
CB1
24V
B1
BC
N
الخطط (١)
+24V
RESET S4
B
C
KM
S3
TEST
SCR
OOR
RPR
RLR
SOT
SWT
SOP
OSR
D1
D2
D3
D4
D5
D6
D7
R4
H1
R5
H2
R6
H3
R7
H4
R8
H5
R9
H6
R10
H7
E
الخطط (٢)
MAGNETIC PICK UP
SR
SG
R11
H8
H11
D8
D9
F
R12
S5
R13
R1
150Ω
5W
H9
H11
الخطط (٣)

الشكل (٨ – ٢)



المخطط (٤)

تابع الشكل (٨ – ٢)



المخطط (٥)

تابع الشكل (٨ – ٢)

محتويات دوائر التحكم المبينة بالمخططات 1, 2, 3

قاطع دائرة قطب واحد	CB_1
وحدة شحن أستاتيكية للبطارية	BC
(بطاريتان) على التوالى	B_1
مولد شحن البطارية	G
عداد تيار الشحن	A
عداد جهد الشحن	V
محرك البدء	CM
ملف تشغيل محرك البدء	SOL
مجس ارتفاع درجة حرارة الماء	SWT
مجس ارتفاع درجة حرارة الزيت	SOT
مجس انخفاض ضغط الزيت	SOP
مجس السرعة	Magnetic Pickup
ريلاى السرعة	SR
ريشة انتهاء البدء لريلاى السرعة	CSR
ريشة زيادة السرعة لريلاي السرعة	OSR
ريلاى إضافى	R_1
مؤقت تعدي زمن البدء	T_1
ريلاى إضافى للدوران	R_2
صمام كهربي للوقود	SV
ريلاى إضافى لانتهاء البدء	R_3
مؤقت يمنع عمل إنذار انخفاض ضغط الزيت فى بداية التشغيل	T_2

ريلاى إضافى يعمل عند زيادة التيار أو القصر	R4
ريلاى إضافى يعمل عند انعكاس القدرة	R5
ريلاى إضافى يعمل عند التسرب الأرضى	R6
ريلاى إضافى يعمل عند ارتفاع حرارة الزيت	R7
ريلاى إضافى يعمل عند ارتفاع حرارة الماء	R8
ريلاى إضافى يعمل عند انخفاض ضغط الزيت	R9
ريلاى إضافى يعمل عند زيادة سرعة الماكينة	R10
ريلاى إضافى يعمل عند تعدى زمن البدء	R11
ريلاى الخطأ العادم	R12
ريلاى المعرفة (إسكات الإنذار الصوتى)	R13
لمبة بيان زيادة التيار أو القصر	H1
لمبة بيان انعكاس القدرة	H2
لمبة بيان التسرب الأرضى	H3
لمبة بيان ارتفاع حرارة الزيت	H4
لمبة بيان ارتفاع حرارة الماء	H5
لمبة بيان انخفاض ضغط الزيت	H6
لمبة بيان زيادة السرعة	H7
لمبة بيان تعدى زمن البدء	H8
بوق الإنذار الصوتى	H9
لمبة الإنذار الوماضة	H10
لمبة بين التشغيل العادى	H11
ضاغط بدء التشغيل	S1

ضاغط إيقاف الماكينة	S_2
ضاغط اختبار لمبات البيان	S_3
ضاغط تحرير الإنذار	S_4
ضاغط المعرفة (إسكات الإنذار الصوتى)	S_5
عداد درجة حرارة الماء	WTG
عداد درجة حرارة الزيت	OTG
عداد ضغط الزيت	PTG
عداد سرعة الماكينة	SG
موحدات اختبار لمبات البيان	D_1 - D_9

محتويات دوائر الرئيسية المبينة بالمخططات (5. 4) :

العضو الثابت الرئيسى	Main Stator
العضو الدوار الرئيسى (المجال الرئيسى)	Main Rotor
العضو الدوار لمولد الإثارة	Exiter Rotor
العضو الثابت لمولد الإثارة	Exiter Stator
العضو الثابت لمولد المغناطيس الدائم	PMG Stator
العضو الدوار لمولد المغناطيس الدائم	PMG Rotor
منظم الجهد	AVR
محولات تيار ريليهات زيادة التيار والقصر	CT_1, CT_2, CT_3
محولات تيار جهاز قياس القدرة	CT_4, CT_5, CT_5
محول تيار ريلاى التسرب الأرضى	CT_E
محول تيار ريلاى انعكاس القدرة	CT_P
مفتاح اختيار التيار	ASS

مفتاح اختيار الجهد	VSS
جهاز قياس التيار	A
جهاز قياس الجهد	V
جهاز قياس التردد	HZ
جهاز قياس ساعات التشغيل	H
جهاز التوافق (السينكروسكوب)	SY
صندوق التحكم فى جهاز قياس القدرة	Transducer
صندوق مقاومات جهاز التوافق	Resistance box
ريلاى زيادة التيار	OCR
ريلاى القصر	SCR
ريلاى التسرب الأرضى	ELR
ريلاى انعكاس القدرة	RPR
ريلاى اختبار التزامن	CSY
لمبات بيان التزامن	L_1, L_2, L_3
محرك التحكم فى سرعة الماكينة	GM
كونتاكتور رئيسى	KM
ريلاى إضافى للحمل	RL
ضاغط غلق الكونتاكتور الرئيسى	Close
ضاغط فتح الكونتاكتور الرئيسى	Open
مفتاح تشغيل جهاز التوافق	SSY
محول	T
مصهرات	$F_3, F_4, F_5, F_6, F_7, F_8$
مفتاح ضبط سرعة الماكينة	SWG

نظرية التشغيل:

(المخطط 1)

فى البداية يتم الضغط على الضاغط S_1 فيعمل ريلاى البدء R_1 وريلاى الدوران R_2 وصمام الوقود SV، وتباعًا يكتمل مسار تيار ملف محرك البدء SOL فيعمل محرك البدء CM، ويدور المحرك وعند وصول سرعة ماكينة الديزل لحوالي 50% من السرعة المقننة أى 900RPM ، تعمل ريشة انتهاء البدء لريلاى السرعة CSR، فيعمل الريلاى R_3،ويفصل ريلاى البدء R_1، وكذلك يفصل مؤقت تعدى زمن البدء T_1، وبمجرد عمل ريلاى الدوران R_2، تفصل وحدة شحن البطارية الالكترونية BC . ويتم شحن البطاريات من مولد الشحن G ويقوم عداد تيار الشحن A مقياس تيار الشحن، وكذلك يقوم عداد جهد الشحن V بقياس جهد الشحن.

(المخطط 3)

وفى الوضع الطبيعى تعمل لمبة البيان H_{11} للدلالة على عمل ماكينة الديزل وكذلك يكتمل مسار تيار ريلاى الخطأ R_{12}.

(المخطط 4)

ويمكن للمشغل ضبط جهد أطراف المولد بواسطة المقاومة المتغيرة POT الموصلة مع AVR وصولاً للجهد المطلوب.

(المخطط 5)

ويمكن رفع أو خفض سرعة الماكينة يدويًا، بواسطة مفتاح التحكم فى السرعة SWG، وذلك من خلال التحكم فى اتجاه دوران محرك الحاكم GM.

(المخطط 4)

وهناك احتمالان لإدخال المولد الخدمة وهما:

أولاً: عدم وجود تيار كهربى عند الحمل، وفى هذه الحالة يتم الضغط على ضاغط غلق الكونتاكتور الرئيسى KM (الضاغط CLOSE)، فيكتمل مسار تيار الكونتاكتور KM وتدخل الأحمال على المولد.

ثانيًا: وجود تيار كهربى عند الحمل من مصدر خارجى مثل: الشبكة الموحدة وفى هذه الحالة يجب غلق مفتاح جهاز التوافق SSY، والتحكم فى سرعة الماكينة بواسطة مفتاح التحكم فى سرعة الماكينة SWG، وعند الوصول إلى وضع التزامن المناسب، فإن اللمبة L_1 ستنطفئ وتضىء اللمبات L_2, L_3، وكذلك فإن مؤشر جهاز التوافق SY سيتوقف على وضع الساعة 12 وفى هذه الحالة فإنه عند الضغط على ضاغط الغلق Close يكتمل مسار تيار الكونتاكتور الرئيسى.

(المخططات 2, 3)

الأخطاء المحتملة:

١- زيادة التيار أو قصر على أطراف المولد فيعمل الريلاى الإضافى R_4 وتضىء لمبة البيان H_1 (المخطط 2).

٢- انعكاس القدرة ويعمل الريلاى R_5 وتضىء لمبة البيان H_4.

٣- تسرب أرضى ويعمل الريلاى R_6 وتضىء لمبة البيان H_3.

٤- ارتفاع درجة حرارة الزيت ويعمل الريلاى R_7 وتضىء لمبة البيان H_4.

٥- ارتفاع درجة حرار الماء ويعمل الريلاى R_8 وتضيىء لمبة البيان H_5.

٦- انخفاض ضغط الزيت ويعمل الريلاى R_9 وتضىء لمبة البيان H_6.

٧- زيادة سرعة ماكينة الديزل ويعمل الريلاى H_{10} وتضىء لمبة البيان H_7.

٨- تعدى زمن البدء، والذى يساوى 10S ويعمل الريلاى R_{11} وتضئ لمبة البيان H_8.

وفى جميع الحالات السابقة يحدث قصر على أطراف ريلاى الإنذار الرئيسى R_{12} فيفقد مغناطيسيته، وتعود الريشة لوضعها الطبيعى، ويعمل كلٌ من البوق H_9، ولمبة الإنذار الوماضة H_{10} فينقطع مسار تيار ريلاى الدوران R_2، وصمام الوقود SV، والكونتاكتور الرئيسى KM، وتتوقف الماكينة والمولد.

ويمكن إسكات البوق وكذلك إيقاف لمبة الإنذار الدوارة (الوماضة) بواسطة الضاغط S_5 الذى يعمل على تشغيل ريلاى المعرفة R_{13}، والذى يقوم بدورة بفصل

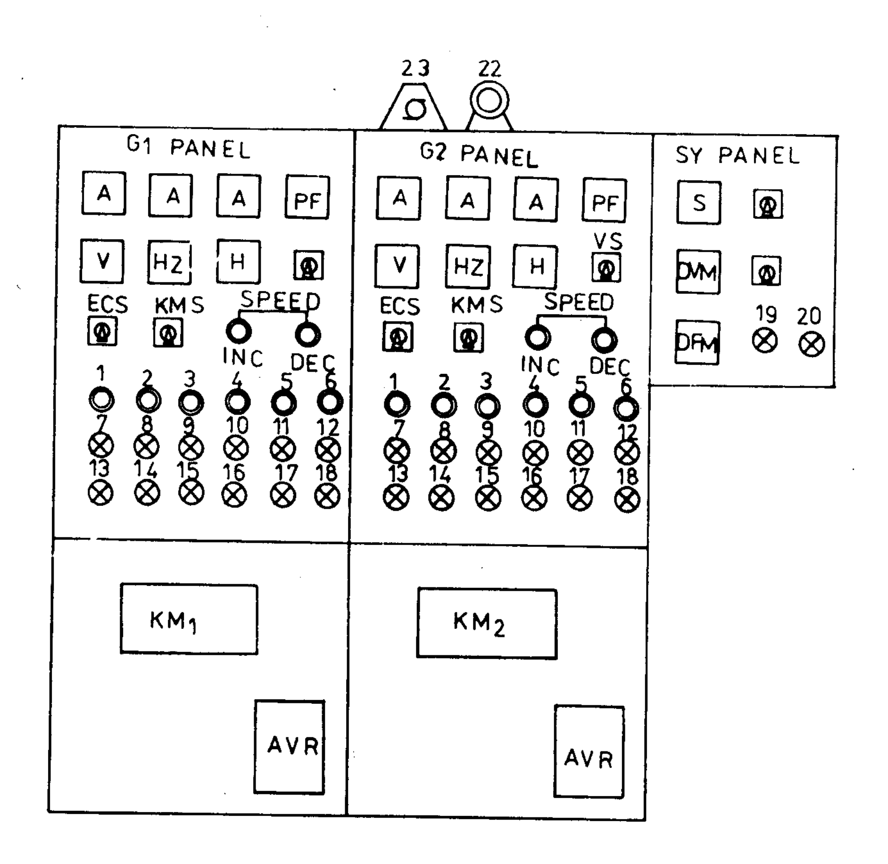
كلٌ من H9 ,H10. وبعد ذلك يمكن معرفة سبب الإنذار بواسطة لمبة البيان المضيئة، وبعد إزالة سبب المشكلة يمكن تحرير الخطأ بواسطة ضاغط التحرير S2 (المخطط 1) والعودة للوضع الطبيعى.

والجدير بالذكر أنه للاطمئنان على سلامة لمبات البيان يتم اختبارها بواسطة الضاغط S3.

٨ / ٢ - المخططات الكهربية لوحدتين يعملان على التوازى

الشكل (٨ - ٣) يعرض لوحات التحكم لوحدتين سعة كلٌ منهما 750KVA يعملان على التوازى عند جهد 380V، وتردد 50HZ.

ففى حالة اختيار بدء تشغيل ماكينات الديزل للمولدين أتوماتيكيًا، فبمجرد انقطاع المصدر الكهربى الرئيسى، تعمل ماكينة الديزل للمولد الذى تم اختياره بواسطة مفتاح اختيار المولد الذى يعمل أولاً duty Switch. فعند اختيار المولد G1 تعمل ماكينة المولد G1 أولاً وعند زيادة أحمال المولد G1 عن 90% من الحمل الكامل له يقوم ريلاى التيار المزدوج بتشغيل ماكينة المولد G2 لتدخل هى الأخرى الخدمة. وفى حالة انخفاض قدرة أحد المولدين عن 20% من الحمل االكامل لها يتوقف المولد وماكينته فى الحال.



الشكل (٨ - ٣)

والشكل (٨ - ٤) يعرض المخططات الكهربية الخاصة بالمولدين G1 , G2 .

علمًا بأن المخططات 1, 2, 3, 6 مكررة لكلا المولدين، فكل مولد له نفس الدوائر الموجودة فى هذه المخططات.

محتويات المخطط 1 :

وحدة شحن الكترونية	BC
مولد شحن البطارية	G
محرك بدء حركة ماكينة الديزل	CM
ملف محرك بدء الحركة	SOL

موحد انعكاس قطبية البطاريات	CR_1
بطاريتان	B_1 - B_2
قاطع حماية دوائر التحكم (قطب واحد)	CB_1

محتويات المخطط 2 :

وحدة التحكم فى الماكينة	ECU
مفتاح اختيار طريقة عمل الماكينة وله ثلاثة أوضاع (Aut/ Off/ Man)	ECS
ريلاى إضافى للطوارئ	R_1
ريلاى إضافى للتشغيل اليدوى	R_2
ريلاى إضافى لبدء التشغيل	R_3
ريلاى إضافى للخطأ	R_4
ريلاى إضافى للدوران	R_5
ريلاى إضافى لزيادة السرعة	R_6
ريلاى انخفاض ضغط الزيت	R_7
مؤقت يؤخر عند الفصل	T_5
مجس السرعة	SS
مجس انخفاض ضغط الزيت	SP
مجس ارتفاع درجة الحرارة	ST
لمبة بين عمل الماكينة	H_1
لمبة بيان زيادة السرعة	H_2
لمبة بين تعدى زمن البدء	H_3
لمبة بيان ارتفاع حرارة ماء التبريد	H_4

لمبة بيان زيادة ضغط الزيت	H5
عداد ساعات التشغيل	H
ضاغط الطوارئ	Emergency
ضاغط اختبار اللمبات	Test
صمام دخول الهواء	AV
صمام الوقود	FV

محتويات المخطط 3 :

ريلاى إضافى يعمل عند انخفاض التردد	R8
ريلاى إضافى عند انخفاض الجهد	R9
ريلاى إضافى يعمل عند انعكاس القدرة	R10
ريلاى إضافى يعمل عند القصر وزيادة الحمل	R11
ريلاى إضافى يعمل عند زيادة الجهد	R12
ريلاى إضافى يعمل عند الطوارئ	R13
ريلاى إضافى يعمل عند ارتفاع درجة حرارة المولد	R14
ريلاى الخطأ العام	R15
ريلاى إزالة الإنذار	R16
لمبة تعمل عند انخفاض التردد	H6
لمبة تعمل عند انخفاض الجهد	H7
لمبة تعمل عند انعكاس القدرة	H8
لمبة تعمل عند القصر وزيادة الحمل	H9
لمبة تعمل عند زيادة الجهد	H10
لمبة تعمل عند الطوارئ	H11

لمبة تعمل عند ارتفاع درجة حرارة المولد	H_{12}
بوق الإنذار الصوتي	H_{13}
لمبة الإنذار الوماضة الدوارة	H_{14}
ضاغط تحرير الإنذار	Reset
ضاغط المعرفة	ACK

محتويات المخطط 4:

مؤقت يؤخر عند فصل ماكينة G_1 أربع دقائق لحظة عودة التيار الرئيسى	T_1
مؤقت يؤخر عند فصل ماكينة G_2 أربع دقائق لحظة عودة التيار الرئيسى	T_3
مؤقت يؤخر عند فصل قاطع المولد G_1 عشرون ثانية لحظة عودة التيار الرئيسى	T_2
مؤقت يؤخر عند فصل قاطع المولد G_2 عشرون ثانية لحظة عودة التيار الرئيسى	T_4
ريلاى إضافى يعمل عند عمل T_1 أو T_2	R_{17}
ريلاى إضافى يعمل عند عمل T_3 أو T_4	R_{18}
ضاغط اختبارمحركات الديزل	Test
ريشة مفتوحة من مفتاح الانتقال الأتوماتيكى	ATS
كونتاكتور رئيسى للمولد G_1	KM_1
كونتاكتور رئيسى للمولد G_2	KM_2
مفتاح اختيار طريقة غلق الكونتاكتور الرئيسى للمولد G_1	KMS_1
مفتاح اختيار طريقة غلق الكونتاكتور الرئيسى للمولد G_2	KMS_2
ضاغط فتح الكونتاكتور الرئيسى	Open

ضاغط غلق الكونتاكتور الرئيسى	Close
مفتاح الخدمة	DS
ريش مفتوحة من مفتاح التزامن اليدوى	MS_1, MS_2

محتويات المخطط 5 :

جهاز التزامن للمولد G_1	SY_1
جهاز التزامن للمولد G_2	SY_1
جهاز تقسيم أحمال المولد G_1	LS_1
جهاز تقسيم أحمال المولد G_2	LS_2
الكونتاكتور الرئيسى للمولد G_1	KM_1
الكونتاكتور الرئيسى للمولد G_2	KM_2
محرك التحكم في سرعة ماكينة المولد G_1	M_1
محرك التحكم في سرعة ماكينة المولد G_2	M_2
ضاغط زيادة السرعة يدويًا	Inc.
ضاغط تخفيض السرعة يدويًا	Dec.
محولات تيار منظمات الجهد	CT_4 , CT_6
محولات تيار مقسمات الأحمال	CT_5 , CT_7

محتويات المخطط 6 :

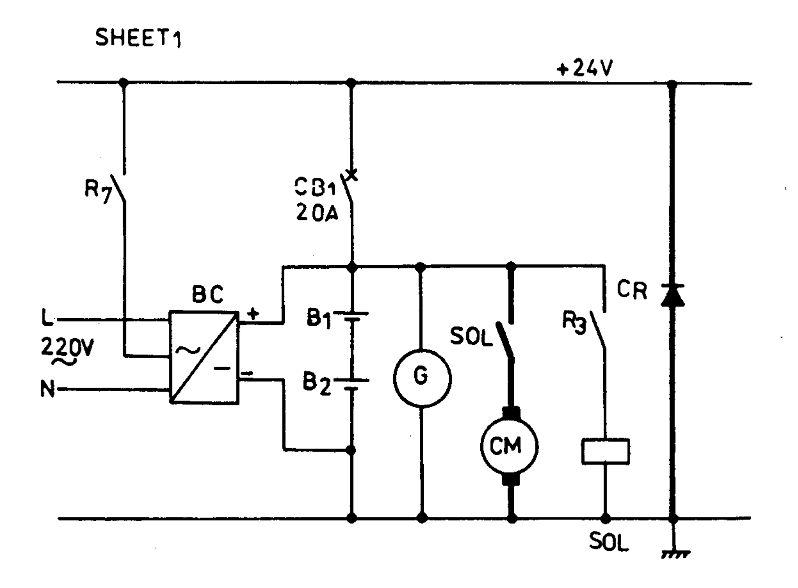
العضو الثابت للمولد الرئيسى	Main stator
العضو الدوار للمولد الرئيسى	Main Rotor
ملفات العضو الثابت للمولد ذات المغناطيس الدائم	PMG Stoter
ملفات العضو الدوار للمولد ذات المغناطيس الدائم	PMG Roter
ملفات العضو الدوار لمولد الإثارة	Exiter Rotor
ملفات العضو الثابت لمولد الإثارة	Exiter Stator

ريلاى زيادة التيار	OCR
ريلاى تيار القصر	SCR
ريلاى ارتفاع درجة الحرارة	THR
ريلاى انخفاض وزيادة الجهد	UOVR
ريلاى زيادة التردد	OFR
ريلاى انخفاض التردد	UFR
ريلاى التيار المزدوج	DCR
أجهزة قياس التيار	A, A, A
جهاز فولتيميتر	V
محولات تيار	CT_1 - CT_3
جهاز معامل قدرة	PF
مجس معامل قدرة	PF Transformer
مقاومات ضبط جهد المولد	POT
مقاومات حرارية	Thermister
مفتاح اختيار الجهد	VSS

محتويات المخطط 7 :

جهاز فولتيميتر مزدوج	DVM
جهاز أميتر مزدوج	DFM
جهاز سينكروسكوب	S
صندوق مقاومات	Resistance box
مفتاح التزامن اليدوى وله ثلاثة أوضاع (G_1 / Off / G_2)	MS
لمبات التزامن	L_1 , L_1
ريلاى إضافى لقضيب التزامن	R_{19}

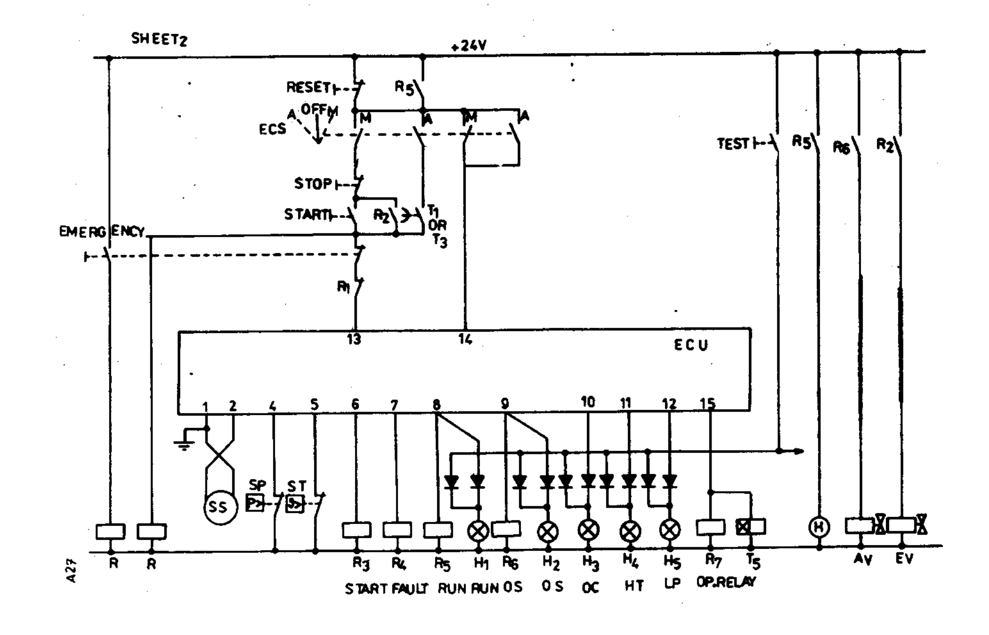
مخطط (١)



الشكل (٨ – ٤)

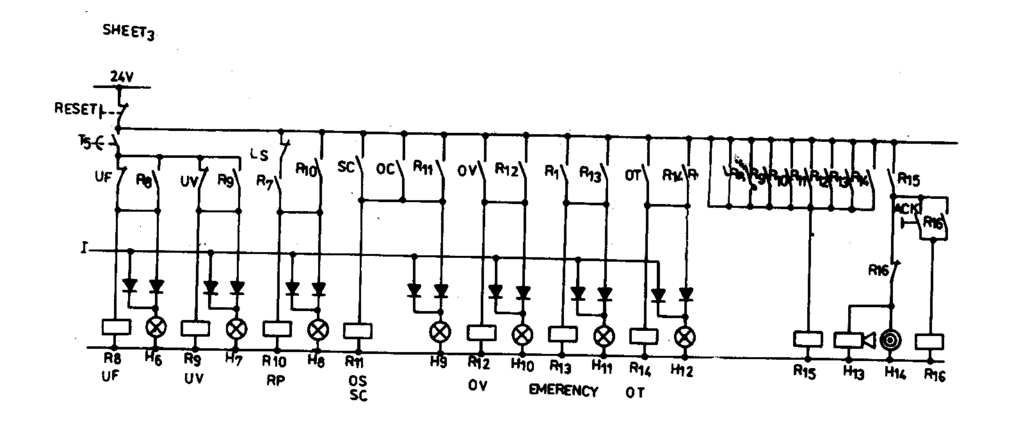


مخطط (٢)



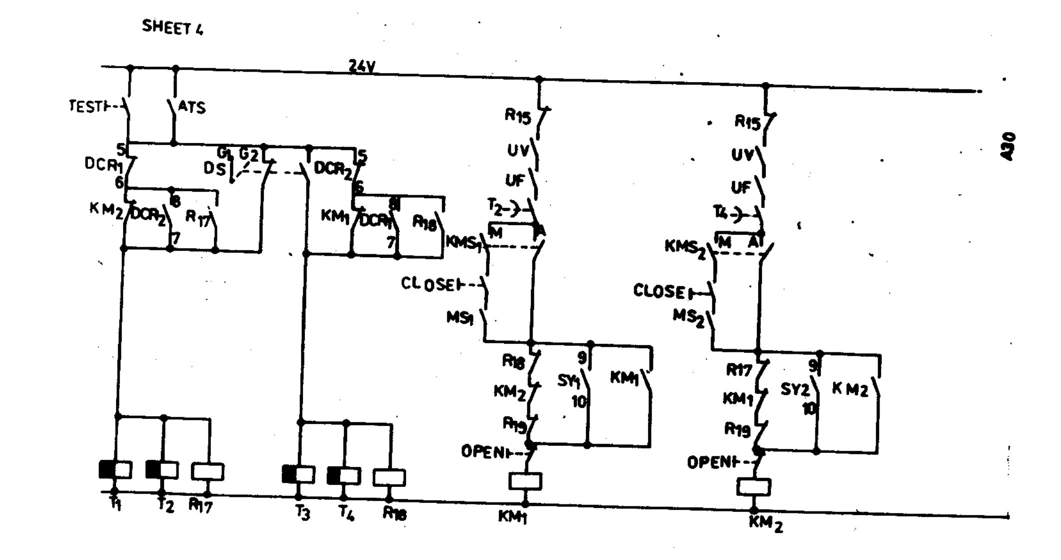
تابع الشكل (٨ – ٤)

مخطط (٣)



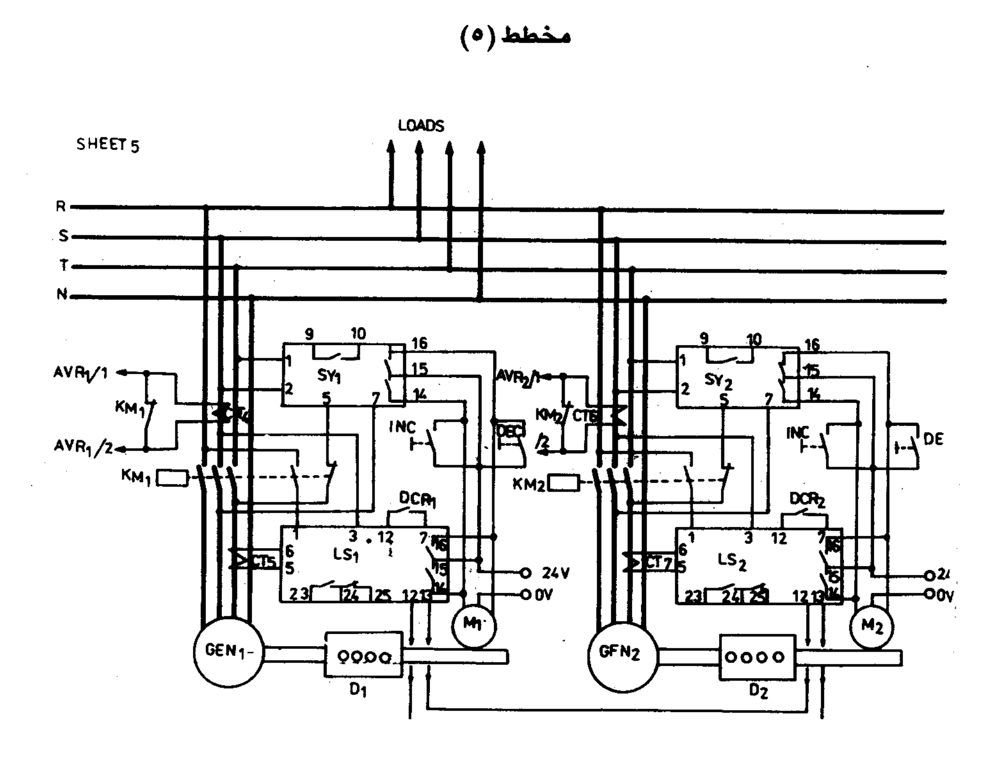
تابع الشكل (٨ - ٤)

مخطط (٤)



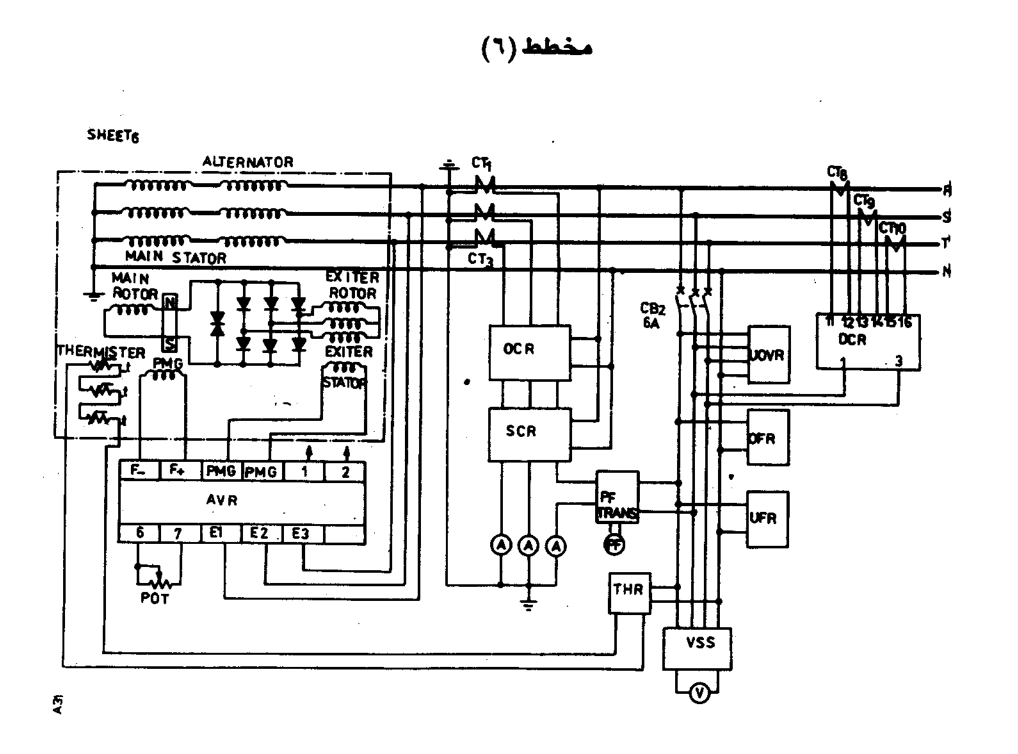
تابع الشكل (٨ - ٤)

مخطط (٥)



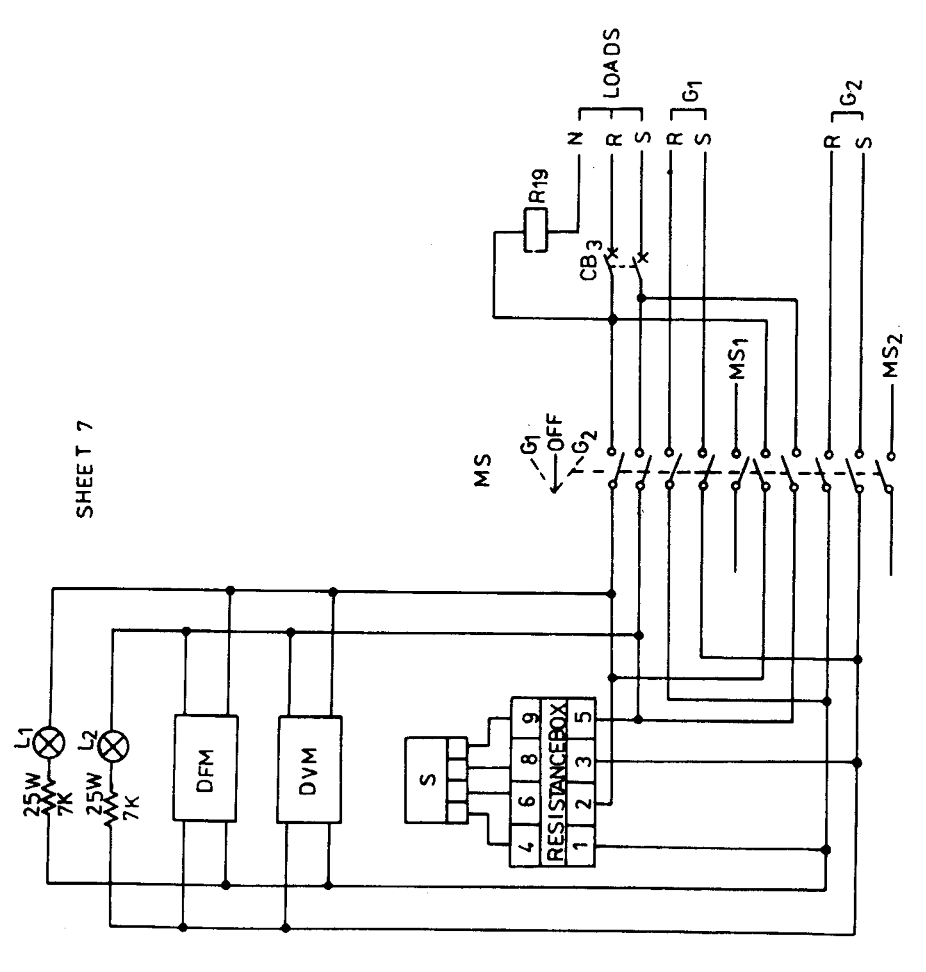
تابع الشكل (٨ – ٤)

مخطط (٦)



تابع الشكل (٨ – ٤)

المخطط (٧)



تابع الشكل (٨ – ٤)

نظرية التشغيل:

فى البداية يتم تحديد وضع كلٌ من وضع مفتاح اختيار أداء الماكينة ECS على وضع A (المخطط ٢) ووضع مفتاح اختيار وضع الكونتاكتور الرئيسى KM1 علي وضع A (المخطط ٤) ووضع مفتاح الخدمة على وضع G1 (المخطط 4).

فعند انقطاع المصدر الكهربى الرئيسى، يعمل مفتاح الانتقال الأتوماتيكى ATS فيغلق ريشته (المخطط ٤)، فيكتمل مسار المؤقتات T2 , T1 والريلاى R17

(المخطط ٤) وتغلق الريشة المفتوحة للمؤقت T_1 (المخطط ٢) فيكتمل مسار التيار وصولاً للنقطة 13 لوحدة التحكم فى الماكينة ECU (المخطط ٢)، فيكتمل مسار تيار الريلاى R_3 ، و الريلاى R_7، وتباعًا يعمل محرك البدء SOL ، ومن ثم يعمل محرك البدء CM (المخطط ٣) . وعند وصول سرعة الماكينة لحوالى ٪50 من السرعة المقننة للمولد أى 900 لفة / دقيقة تقوم ECU بفصل التيار الكهربى عن R_3، وتوصل التيار الكهربى للريلاى R_4 (المخطط ٢) علمًا بأن مجس السرعة SS يقوم بإرسال نبضات يتناسب ترددها طرديًا مع سرعة الماكينة، ويمكن لوحدة التحكم فى الماكينة ECU معرفة قيمة سرعة الماكينة بواسطة دائرة قياس تردد النبضات الموجودة بداخلها وبمجرد وصول قيمة جهد المولد للقيمة المقننة وكذلك تردد المولد للتردد المقنن يكتمل مسار تيار الكونتاكتور KM_1 (المخطط ٤)، ويتم تغذية الأحمال .

والجدير بالذكر أنه عند زيادة الأحمال عن ٪90 من الحمل المقنن لهذا المولد، يقوم ريلاى التيار المزدوج DCR_1 للمولد G_1 (المخطط ٦) بغلق ريشته $DCR_{1}/7\text{-}8$ فيكتمل مسار تيار T_3, T_4, R_{18} (المخطط ٤) وتباعًا تعمل ماكينة المولد G_2 بنفس طريقة عمل المولد G_1. وعند وصول جهد وتردد المولد G_2 للقيم المقننة وعند الوصول لحالة التزامن يغلق جهاز التزامن SY_2 ريشته المفتوحة $SY_{2}/9\text{-}10$ ويعمل KM_2 (المخطط ٤) .

ولنفرض أن أحمال المولدين فى لحظة معينة انخفضت عن ٪20 من الحمل المقنن للمولدين فى هذه الحالة ينقطع مسار تيار كلاً من T_3, T_4, R_{18} (المخطط ٤)، وبعد مرور 20S (زمن تاخير T_4) ينقطع مسار تيار الكونتاكتور KM_2 (المخطط ٤)، وينتقل حمل المولد G_2 إلى المولد G_1، وبعد مرور زمن 4 دقائق (زمن تأخير المؤقت T_3)، ينقطع التيار الكهربى عن النقطة ECU/13 (المخطط ٢) وهذا الزمن كافٍ لتبريد ماكينة المولد G_2 . وبنفس الطريقة يمكن تتبع التشغيل اليدوى للماكينة؛ وكذلك للكونتاكتورات الرئيسية كما أنه يمكن تتبع طريقة إجراء التزامن اليدوى بين المولدين G_1, G_2 بواسطة ضواغط غلق وفتح الكونتاكتورات الرئيسية Close open (المخطط ٤) .

وبخصوص الكونتاكتورات KM_1, KM_2، وكذلك ريليهات زيادة التيار OCR، وتيار القصر SCR، فيكمن استبدالهم بقواطع دائرة بنفس الطريقة المتبعة فى مفتاح الانتقال الأتوماتيكى (الفقرة ٥ – ٤) .

الباب التاسع

التشغيل والصيانة والإصلاح

التشغيل والصيانة والإصلاح

٩ / ١ - تشغيل وحدة التوليد لأول مرة

قبل بدء تشغيل الوحدة لأول مرة يجب إجراء الفحوصات التالية:

١ - الفحص بالنظر، للتأكد من عدم وجود أى أجزاء مفكوكة.

٢ - فحص الخلوص بين العضو الثابت، والعضو الدوار للمولد الرئيسى، ويجب التأكد من أن المولد يدور بحرية، بإدارة المولد بواسطة عتلة باليد دورتين كاملتين، مع الحذر من تعريض مروحة المولد لأى قوة أثناء إدارته باليد.

٣ - تثبت الكابلات التى تنقل القدرة الكهربية من المولد إلى الأحمال، بطريقة تمنع تلفهم أثناء دوران المولد.

٤ - التأكد من أن المولد مؤرض جيد، ولمعرفة المزيد عن موضوع التأريض يمكن الرجوع للكتاب الأول من الموسوعة العملية فى التركيبات الكهربية.

٥ - التحقق من عدم وجود أى مواد خاصة بنقل المولد بداخله.

٦ - التأكد من أن جميع الأغطية والدلائل فى مكانها.

وفيما يلى خطوات تشغيل الوحدة لأول مرة:

١ - ابدأ بتشغيل آلة الاحتراق الداخلى (ماكينة الديزل) حتى تصل للسرعة المقننة، فى هذه الحالة؛ اغلق مفتاح مجال الإثارة (إن وجد)، وذلك فى حالة المولدات ذات التغذية المنفصلة، أما فى حالة المولدات ذات التغذية الذاتية، فإن الجهد سوف يتشكل على أطراف المولد تلقائياً، وإذا لم يتشكل الجهد على أطراف المولد، يمكن اللجوء لوميض المجال؛ لإعادة المغناطيسية المتبقية (ارجع للفقرة ٥-١-١).

٢ - تحقق من قيمة جهد أطراف المولد فقد يحدث ما يلى:

أ - زيادة الجهد عن 20%من الجهد المقنن، فإذا حدث هذا افتح مفتاح تغذية

القدرة لمنظم الجهد (فى حالة المولدات ذات التغذية المنفصلة)، مع إيقاف ماكينة الديزل فوراً، ثم حدد سبب إزدياد جهد أطراف المولد بالاستعانة بجدول اكتشاف الأعطال. (الجدول ٩ – ١).

ب – عند انخفاض جهد المولد عن 15% من الجهد المقنن؛ وقف ماكينة الديزل. وحدد سبب تدنى الجهد بالاستعانة بجدول اكتشاف الأعطال (الجدول ٩ – ١).

جـ – الجهد يتولد على أطراف المولد ثم ينهار وقف ماكينة الديزل وحدد سبب الانهيار بالاستعانة بجدول اكتشاف الأعطال (الجدول ٩ – ١).

د – جهد متذبذب على أطراف المولد، وقف ماكينة الديزل حدد سبب تذبذب الجهد بالاستعانة بجدول اكتشاف الأعطال (الجدول ٩ – ١).

٣ – حمل الوحدة بالحمل الكامل وتحقق من أن جهد أطراف الوحدة فى حدود ±12% من الجهد المقنن فإذا لم يكن كذلك ارجع لجدول اكتشاف الأعطال (الجدول ٩ – ١).

أما إذا تغير جهد أطراف الوحدة مع زيادة الحمل؛ أعد معايرة نقطة معايرة الاستقرار Stability لمنظم الجهد، فإذا لم تنجح هذه المحاولة ارجع لجدول اكتشاف الأعطال لتحديد مكان العطل.

٤ – تجنب تشغيل الوحدة بسرعة منخفضة لمدة طويلة؛ لأن هذا يمكن أن يتلف منظم الجهد AVR، أو مولد الإثارة، أو مجال المولد الرئيسى؛ فإذا كان التشغيل عند السرعات المنخفضة ضرورياً، فإنه يجب نزع أسلاك تغذية القدرة لمنظم الجهد؛ وذلك إذا لم تكن الوحدة مزودة بموديول حماية من انخفاض التردد. ويمكن أن يكون منظم الجهد مزود بمفتاح يساعد على إمكانية فصل التيار عن مولد الإثارة فى حالة الطوارئ (مثل تشغيل الماكينة بسرعات منخفضة) ويوصل هذا المفتاح مع أطراف دخول القدرة الكهربية للمنظم كما بالشكل (٥ – ٣).

٩ / ٢ - الصيانة الوقائية للمولدات

إن تراكم الغبار والأوساخ والخيوط على المولد؛ يعوق مسارات تهوية المولد، الأمر الذى يؤدى إلى ارتفاع درجة حرارة المولد، بالإضافة إلى ذلك، فإن تراكم غبار الكربون، والغبار المعدنى، وبرادة المعادن المختلفة، لا تعوق من التهوية فحسب، بل تشكل طبقة رقيقة موصلة فوق عوازل المولد، الأمر الذى يزيد من فرصة انهيار العازل، ولذلك فإن المولدات التى تعمل فى أماكن قذرة يجب تفكيكها وتنظيفها بصفة دورية.

٩ / ٢ / ١- التنظيف والفحص

لتنظيف الأجزاء الكهربية يجب فك المولد، ثم يتم تنظيف الأجزاء الكهربية بأحد الطرق التالية:

١ - تنظيف الأتربة المتراكمة المحتوية على زيت، أو شحم بواسطة قطعة قماش مبللة بمذيب صناعى (أحد مشتقات البترول التى لها نقطة وميض أكبر من 38°C)، ثم بعد ذلك، يتم تجفيف جميع الملفات جيداً، بواسطة الهواء المضغوط الخال من الرطوبة مع أخذ الاحتياطات اللازمة، حتى لايقع المذيب على الورنيش العازل للمولد، وإلا يتلف الورنيش. ويجب استعمال مواد مذيبة بترولية من الأنواع المأمونة مع توفير تهوية كافية لتجنب الحريق والانفجار والأضرار الصحية عند استعمال المواد المذيبة، مع تجنب استنشاق أبخرة هذه المذيبات، واستعمال القفازات الجلدية الواقية للأيدى.

٢ - يتم التنظيف بالقماش الجاف، للأجزاء الصغيرة، والضيقة التى يصعب الوصول إليها؛ كما أن نفخ الغبار بالهواء المضغوط، له فعالية خصوصاً عند تجمع الغبار فى أماكن يصعب الوصول إليها بالقماش.

٣- إزالة الغبار، والأوساخ الجافة باستعمال فرشاة ذات شعر خشن يليها التنظيف بمكنسة كهربية مع الحذر من استخدام الفرشاة السلكية، وعادة فإن المكنسة الكهربية تستخدم لإزالة الغبار السائب.

٤ - التنظيف ببخار الماء، وهذا التنظيف يستخدم عند فك المولد كلياً، مع استبعاد

عناصر التحكم الالكترونية، ويعتبر هذا النوع من التنظيف جيد، ولكنه يحتاج لتجفيف المولد بعد التنظيف لإزالة الرطوبة من المولد قبل إعادته للخدمة.

وبعد الانتهاء من التنظيف يجب فحص الموصلات الكهربية فى المولد، للتحقق من عدم تشقق المواد العازلة ويجب استبدال الموصلات التى لها مواد عازلة تالفة أو مشبعة بالزيت فإذا ظهر أن طبقة الورنيش الخارجية الموجودة على الملفات تالفة؛ فإنه يجب طلاؤها ثانية بورنيش عازل.

٩ / ٢ / ٢ - التشحيم

يجب إعادة تشحيم ركائز المولد سنوياً، أما المولدات التى تعمل فى ظروف التشغيل القاسية، كالبيئات القذرة، فإنها تتطلب مزيداً من التشحيم (مرة كل ستة شهور)؛ وعادة يستخدم شحم مضاد للاحتكاك له مدى تشغيل يتراوح ما بين (- 30°C: + 175°C)؛ **ولإضافة أو تجديد الشحم اتبع ما يلى:**

١ - وقف المولد.

٢ - نظف سدادات الشحم والأجزاء المحيطة بها.

٣ - انزع سدادات فتحات التشحيم وفتحات التصريف.

٤ - ادخل وصلة مسدس الشحم فى فتحات التشحيم؛ لحقن الشحم اللازم.

٥ - ازل الشحم المتصلب فى فتحات التصريف، مستخدماً سلكاً إذا لزم الأمر.

٦ - شغل المولد، وسدادات فتحات التشحيم، وفتحات التصريف، مرفوعة لمدة خمسة عشر دقيقة، للسماح بالشحم الزائد بالخروج.

٧ - وقف المولد، وامسح أى شحم خارج، واعد سدادات فتحات التشحيم والتصريف لأماكنها.

ويجب استعمال شحم نظيف موضوع داخل أوعية مغلقة، كما أن مقدار الشحم المضاف مهماً جداً، فزيادة الشحم قد يكون ضاراً مثل قلة الشحم؛ لذلك يجب الرجوع لدليل الشركة المصنعة لمعرفة كميات الشحم المطلوبة، وعادة فإن كمية الشحم المطلوبة لكل نقطة تشحيم تتراوح ما بين ($25:50\ Cm^3$).

٩ / ٢ / ٣ - تجفيف العزل الكهربى

عند ترك المولد لفترة كبيرة بدون عمل فى أماكن رطبة فى العراء؛ فإنه يلزم تجفيف عزل المولد، خصوصاً إذا كانت نتائج اختبارات العزل غير مرضيه، **وهناك عدة طرق لتجفيف المولدات كما يلى:**

١ - توضع سخانات كهربية تعمل من مصدر كهربى آخر داخل المولد.

٢ - يوضع المولد داخل فرن كهربى، ويتم تشغيل الفرن عند درجة حرارة 90 درجة مئوية؛ بشرط نزع جميع أجهزة التحكم الالكترونية من المولد عن استخدام هذه الطريقة.

٣ - استخدام وحدة توليد هواء مضغوط ساخن حيث يوجه خرج هذه الوحدة فى صندوق وصلات الأسلاك مع تشغيل المولد عند اللاحمل بدون أى مجال وذلك بفك فيوز المنظم، ويجب ألا تتعدى درجة حرارة الهواء المضغوط المدخل عند 66 درجة مئوية.

٤ - التجفيف بإحداث قصر على أطراف المولد، مع تتبع الخطوات التالية:

أ - افصل أطراف تغذية المجال من المنظم F_1,F_2.

ب - وصل بطارية أو مصدر قدرة آخر يعطى جهد 20: 35 VDC إلى أطراف المجال مع استخدام مقاومة متغيرة تتحمل تيار 2A بالتوالى، مع مصدر التيار المستمر، أو استخدام مصدر تيار مستمر متغير القيمة.

جـ - احدث قصر على أطراف المولد L_1,L_2,L_3 مع استخدام كبارى تتحمل تيار المولد عند الحمل الكامل.

د - ادر المولد، وقس تيار الخرج على أطراف المولد باستخدام جهاز أميتر ذو الكماشة.

هـ - تحكم فى الجهد الواصل لملفات المجال بواسطة المقاومة المتغيرة الموصلة مع مصدر التيار المستمر. بشرط أن يكون تيار المولد لايتعدى 80% من تيار الحمل الكامل.

ويعتمد زمن دوران المولد على هذه الحالة، على كمية الرطوبة الموجودة بالمولد،

ويجب اختبار عزل المولد كل أربع ساعات حتى نصل إلى قيمة عزل ثابتة.

وبعد تجفيف المولد والوصول لمقاومة عزل ثابتة؛ انزع الكبارى الموجودة على أطراف المولد، وافصل مصدر التيار المستمر الموصل مع المجال، واعد توصيل أطراف المجال مع F1, F2 للمنظم، والتأكد من إحكام رباط جميع الوصلات قبل إعادة المولد للتشغيل الطبيعى.

٩ / ٣ - اكتشاف وإصلاح أعطال المولدات ومنظمات الجهد

إن أكثر أعطال المولدات ومنظمات الجهد شيوعاً مدرجة فى الجدول (٩ - ١).

الجدول (٩ - ١)

العطل	أسباب العطل المتوقعة	طرق إصلاح العطل
الجهد على أطراف المولد منخفض	- انخفاض المغناطيسية المتبقية أو قطبية غير صحيحة لمجال مولد الإثارة. - مفتاح فصل القدرة عن AVR مفتوح. - ماكينة الديزل لا تصل لسرعتها المقننة. - أطراف دائرة القدرة للمنظم مفصولة. - أطراف التغذية المرتدة للمنظم مفصولة. - المولد محمل بحمل كبير أو يوجد قصر بخرج المولد. - مشكلة بالمنظم. - مولد الإثارة موصل بطريقة غير	- المولد يحتاج لوميض مجال. - اغلق المفتاح. - ارفع سرعة ماكينة الديزل وصولا للسرعة المقننة. - تحقق من توصيلات AVR . - تحقق من توصيلات AVR . - قلل الحمل أو أزل الخطأ. - استبدل المنظم. - تحقق من توصيلات مولد الإثارة
	صحيحة. مشكلة بمولد الإثارة	وكذلك من عمله اختبر مقاومة مولد الإثارة.

تابع الجدول (٩ - ١)

العطل	أسباب العطل المتوقعة	طرق إصلاح العطل
الجهد على أطراف المولد يتزايد ثم يقل	- تلف المقاومة المتغيرة الخاصة بضبط الجهد أو وجود فتح فى هذه المقاومة المتغيرة. - عدم وصول قدرة كهربية لأطراف دائرة القدرة لمنظم الجهد. - المنظم تالف.	تأكد من سلامة المقاومة المتغيرة ومن جودة الوصلات الكهربية واستبدل المقاومة المتغيرة إذا تبين تلفها. تحقق من وصول القدرة الكهربية للمنظم. استبدله.
الجهد عالٍ ولا يمكن التحكم فيه بواسطة المقاومة المتغيرة.	- أطراف التغذية المرتدة للمنظم مفصولة. - يوجد قصر على أطراف المقاومة المتغيرة. - مشكلة بالمنظم.	- تحقق من التوصيلات. - تحقق من التوصيلات الكهربية واستبدل المقاومة المتغيرة فى حالة تلفها. - استبدله.
الجهد عالٍ على طراف المولد ويمكن تقليله بواسطة المقاومة المتغيرة مع عدم إمكانية الوصول للقيمة المقننة.	- قيمة المقاومة المتغيرة منخفضة. - توصيل غير صحيح لأطراف التغذية المرتدة لمنظم الجهد. - جهاز الفولتميتر به خلل. - مشكلة بالمنظم.	- زد قيمة المقاومة المتغيرة. - تأكد من صحة وسلامة التوصيلات الكهربية للتغذية المرتدة. - استبدله. - استبدله.
الجهد منخفض علي أطراف المولد ولكن يمكن	- نقطة معايرة الجهد الخشنة Coarse، أو الناعمة Fine مضبوطة عند قيمة منخفضة.	- عدل ضبط نقط معايرة الجهد الخشنة أو الناعمة.
زيادته بواسطة المقاومة المتغيرة	- ماكينة الديزل تدور بسرعة منخفضة. - توصيل غير صحيح لأطراف	- ارفع سرعة ماكينة الديزل. - تأكد من صحة وسلامة التوصيلات

تابع الجدول (٩ - ١)

العطل	أسباب العطل المتوقعة	طرق إصلاح العطل
مع عدم الوصول للجهد المقنن.	التغذية المرتدة لمنظم الجهد. – جهاز الفولتميتر غير دقيق. – مشكلة بالمنظم.	الكهربية للتغذية المرتدة. – استبدله إذا لزم الأمر. – استبدله.
تنظيم ضعيف	– التيار اللازم لمجال المولد أكبر من القيمة العظمى المتاحة من منظم الجهد. – أحمال المولد غير متزنة مع وجود دائرة إحساس ثلاثية الوجه لمنظم الجهد. – جهد تغذية دائرة القدرة للمنظم منخفض عن الجهد اللازم له. – ماكينة الديزل لا تصل للسرعة المقننة. – عدم إحداث قصر على أطراف محول تيار دائرة التوازى عند تشغيل المولد بمفرده. – خلل فى المنظم. – خلل فى مولد الإثارة أو المولد. – خلل فى الموحدات الدوارة.	– يستبدل المنظم بآخر مناسب للمولد. – حاول أن تجعل أحمال المولد متزنة وذلك بإعادة تقسيم الأحمال على الأوجه الثلاثة. – صحح جهد تغذية دائرة القدرة باستخدام المحول اللازم. – ارفع سرعة المولد. – ضع مفتاح (المفرد – التوازى) على وضع التشغيل المقرر والذى يعمل قصر على أطراف محول تيار دائرة التوازى. – استبدله. – تحقق من سلامة المولد الرئيسى ومولد الإثارة بالآفوميتر. – تحقق من سلامة الموحدات الدوارة بالآفوميتر واستبدل التالف.

تابع الجدول (٩ - ١)

العطل	أسباب العطل المتوقعة	طرق إصلاح العطل
عودة الجهد للقيمة المقننة له بطئ عند تغير الأحمال على المولد .	- ضبط غير جيد لنقطة معايرة الاستقرار Stability لمنظم الجهد . - تجاوب بطئ لماكينة الديزل . - منظم الجهد غير مناسب .	- اعد ضبط نقطة معايرة الاستقرار . - منظم سرعة ماكينة الديزل يحتاج لضبط أو استبدال . - قارن المواصفات الفنية للمنظم بمتطلبات المولد .
لا يوجد تقليل للقدرة غير الفعالة أثناء تشغيل التوازى	- محولات التيار الموصلة مع الوجه B لا تعطى التيار اللازم لدائرة التعويض لمنظم الجهد . - عمل قصر بين أطراف دائرة تعويض التوازى بواسطة مفتاح التشغيل المفرد . - ضبط غير مناسب لنقطة معايرة Droop .	- استبدلها بأخرى لها نسبة تحويل مناسبة . - افتح المفتاح وضعه على وضع التوازى . - اعد الضبط .
المولدات المتوازية غير قادرة على تقسيم القدرة غير الفعالة بالتساوى ويوجد تيار غير فعال دوار بين المولدات يظهر في اختلاف معامل قدرة المولدات المتوازية .	- قطبية معكوسة لمحولات تيار دائرة التوازى للمنظم . - محولات التيار موصلة على وجه آخر غير الوجه B . - محولات التيار لا تعطى التيار المطلوب لدائرة التوازى والذى يتراوح ما بين 3:5A - اختلاف معايرات نقاط Droop لمنظمات الجهد .	- تحقق من صحة توصيل محولات تيار دائرة التوازى . - عدل وضع محول التيار . - استبدل محولات التيار بأخرى مناسبة . - اضبط نقاط Droop عند قيم متساوية .

٩ / ٤ - القياسات اللازمة عند اكتشاف أعطال المولدات ومنظمات الجهد

يوجد عدة قياسات لازمة عند اكتشاف أعطال ومنظمات الجهد تتلخص في:

- قياسات الجهد.
- قياسات التيار.
- قياسات المقاومات.
- قياسات العزل.

٩ / ٤ / ١ - قياسات الجهد والتيار

أولاً: قياسات الجهد

فيما يلي أهم قياسات الجهد المطلوبة عند اكتشاف أعطال المولدات ومنظمات الجهد:

١ - قياس جهد أطراف المولد، وذلك عند مخارج قاطع المولد الرئيسى ومداخله وذلك باستخدام آفوميتر خارجي.

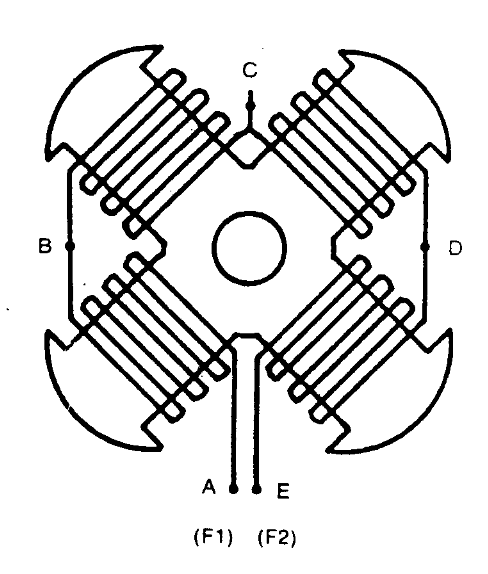
٢ - قياس جهد خرج منظم الجهد، وذلك عند الأطراف - F و + F المتصلة بملف مجال مولد الإثارة.

٣ - قياس جهد التغذية المرتدة لمنظم الجهد، وذلك عند الأطراف المرتدة من خرج المولد الرئيسى، وأحياناً تكون دائرة التغذية المرتدة أحادية الوجه أو ثلاثية الوجه.

٤ - قياس جهد أطراف القدرة الداخلة لمنظم الجهد، ففي حالة المولدات ذات التغذية المنفصلة، تكون أطراف القدرة الداخلة لمنظم الجهد هي خرج مولد PMG والذى يكون تردده (200 : 300 HZ) .

٥ - فحص ملفات العضو الدوار الرئيسى، وذلك بفك العضو الدوار الرئيسى ووضعه على قطعتين خشبيتين، ويجب ألا يستخدم في ذلك منضدة معدنية لأنها قد تؤدى إلى إحداث قصر بين الأقطاب، ثم يتم توصيل جهد 120V بين أطراف ملفات العضو الدوار الرئيسى - F و + F، ثم قياس الجهد بين طرفى كل قطب،

والشكل (٩ – ١) يعرض عضو دوار بأربعة أقطاب، القطب الأول أطرافه D وC، والقطب الثانى أطرافه E و D ، والقطب الثالث أطرافه A و B ، والقطب الرابع أطرافه B وC .



الشكل (٩ – ١)

ويجب أن تكون قراءات الأقطاب متساوية مع اختلاف لا يتعدى 1V، فإذا لم يكن الجهد المشكل على الأقطاب الأربعة يساوى (30V±1V) فإن هذا يعنى أن العضو الدوار يحتاج لإعادة لف.

ثانيًا : قياسات التيار

فيما يلى أهم قياسات التيار المطلوبة أثناء اكتشاف أعطال المولدات ومنظمات الجهد :

١ – قياس تيار حمل المولد ويتم ذلك باستخدام جهاز أميتر بكماشة.

ويجب التأكد من أن الكماشة تكون محيطة بكابلات كل وجه لأنه في بعض الأحيان يكون كل وجه للمولد مؤلف من عدة كابلات، وإذا لم تستطع عمل ذلك

يمكن وضع الكماشة حول كابل واحد، ثم تكرار ذلك علي باقى كابلات الوجه، ثم جمع تيارات كابلات الوجه الواحد، للحصول على التيار الكلى المار في كل وجه.

والجدير بالذكر أن تيار الحمل الكامل يجب ألا يتعدى التيار الاسمى للمولد ولكنه في حالة واحدة يمكن أن يتعدى التيار الاسمى للمولد وذلك أثناء بدء المحركات الاستنتاجية ذات القدرات العالية.

٢ – قياس تيار مجال الإثارة الموصل بالأطراف - F و + F للمنظم ويحتاج ذلك لجهاز أميتر تيار مستمر، وعادة فإن التيار الأقصى لمجال الإثارة لا يتعدى 6.5A ، ويكون عند الحمل الكامل 3A ، ويمكن الرجوع للمواصفات الفنية للمولد لمعرفة التيار المقنن لمجال الإثارة بالضبط.

٩ / ٤ / ٢ - الفحوصات التى تحتاج لقياس المقاومات

يوجد العديد من الفحوصات التى تحتاج لإجراء قياس للمقاومات مثل:

١ – فحص ملفات العضو الثابت لمولد الإثارة، وذلك بقياس مقاومة هذه الملفات والتى تتراوح ما بين (22 : 24 Ω) للمولدات القياسية. ويجب اختبار العزل بين هذه الملفات مع جسم المولد.

٢ – فحص ملفات العضو الدوار للمولد الرئيسى، والموصلة مع الموحدات الدوارة، وذلك بقياس مقاومة هذه الملفات بعد فصل الموحدات الدوارة عن ملف العضو الدوار مع مقارنة القراءة التى حصلت عليها مع القيم المدونة في دليل الخدمة والصيانة للمولد. ويجب اختبار العزل بين هذه الملفات مع جسم المولد.

٣ – فحص ملفات العضو الدوار لمولد الإثارة، وذلك بقياس مقاومة هذه الملفات بعد فصل الموحدات الدوارة مع المقارنة بين القيم التى حصلت عليها مع القيم المدونة في دليل الخدمة والصيانة للمولد، ويجب اختبار العزل بين هذه الملفات مع جسم المولد.

والجدول (٩ – ٢) يبين قيم مقاومات ملفات العضو الثابت الرئيسى Main stator ، والعضو الدوار الرئيسى Main rotor لطرازات مختلفة من المولدات المصنعة بشركة Marathon ehectric .

الشكل (٩ – ٢)

Base Model Low Voltage	Main stator(1)	Main Rotor
431RSL4005	.0855	.153
431RSL4007	.0648	.173
432RSL4009	.0418	.190
432RSL4011	.0410	.186
432RSL4013	.0370	.189
432RSL4015	.0260	.225
432RSL4017	.0240	.226
433RSL4019	.0140	.286
433RSL4021	.0137	.297
572RSL4024	.0132	.376
572RSL4027	.0126	.398
572RSL4028	.0092	.423
572RSL4030	.0089	.426
573RSL4032	.0074	.472
573RSL4034	.0059	.507
574RSL4036	.0049	.584
574RSL4038	.0048	.601
741RSL4042	.0045	.677
741RSL4044	.0039	.708
742RSL4046	.0036	.748
742RSL4048	.0030	.776
743RSL4050	.0023	.889
743RSL4052	.0018	.979
744RSL4054	.0015	1.100
744RSL4060	.0026	.892
744RSL4062	.0018	1.044

والجدول (٩ – ٣) يبين قيم مقاومات العضو الثابت للمثير Exiter stator (Field)، ومقاومات ملفات العضو الدوار للمثير Exiter rotor ، ومقاومات العضو

الشكل (٩ – ٣)

LOWVoltage	ExciterStator (Field)	Exciter (Armature)	PMG Stator
430 Frames	22.5	0.022	2,1
570 Frames	23.0	0.045	2,1
741 Frames	22.0	0.043	2,1
742 Frames	22.0	0.043	2,1
743 Frames	22.0	0.043	2,1
744 Frames	22.1	0.048	2,1

الثابت للمولد ذات المغناطيسية الدائمة PMG لطرازات مختلفة لمولدات الجهد المنخفض Lowvoltage المصنعة بشركة Marathon Electric .

٤ – فحص الموحدات باستخدام الآفوميتر، وذلك بفك سلك التوصيل المثبت ببراغى من أحد الموحدات، ثم قياس المقاومة بين سلك التوصيل المفصول وقاعدة الموحد، وسجل القراءة، ثم أعكس أطراف الآفوميتر وسجل القراءة وكرر القياس لباقى الموحدات فإذا كانت إحدى القراءتين صغيرة والأخرى كبيرة فإن هذا يعنى أن الموحد جيد، أما غير ذلك فيعنى أن الموحد تالف ويحتاج لاستبدال.

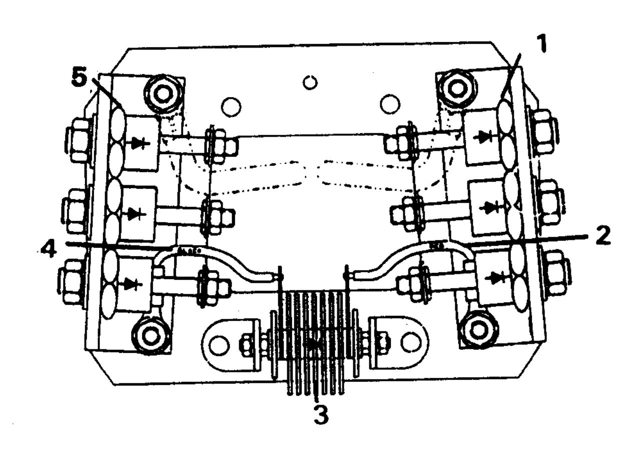
والجدير بالذكر أن اختبار الموحدات بالآفوميتر يحتاج لآفوميتر له بطارية جهدها أكبر من 0.6V ، علماً بأن جهد أطراف الآفوميتر يتغير بتغير مدي القياس. كما أن قطبية البطارية الداخلية للآفوميتر لا تطابق قطبية أطراف التوصيل للآفوميتر؛ ويجب أخذ هذه الملاحظات في الحسبان.

٥ – فحص مخمد قفزات الجهد وذلك بفصل أحد سلكى التوصيل الخاصة بهذا المخمد وباستخدام آفوميتر قس مقاومة هذا المخمد، ثم سجل قراءة الآفوميتر وكرر القياس ولكن بعد عكس أطراف الآفوميتر، فإذا كانت قراءة الآفوميتر كبيرة في الاتجاهين فإن هذا يعني أن المخمد سليم والعكس بالعكس.

والشكل (٩ – ٢) يعرض لوحة تجميع الموحدات ومخمد قفزات الجهد لمولد من صناعة شركة Marathon CO. .

حيث إن:

موحد له قطبية قياسية	1
أطراف توصيل حمراء	2
مخمد القفزات	3
أطراف توصيل سوداء	4
موحد له قطبية معكوسة	5

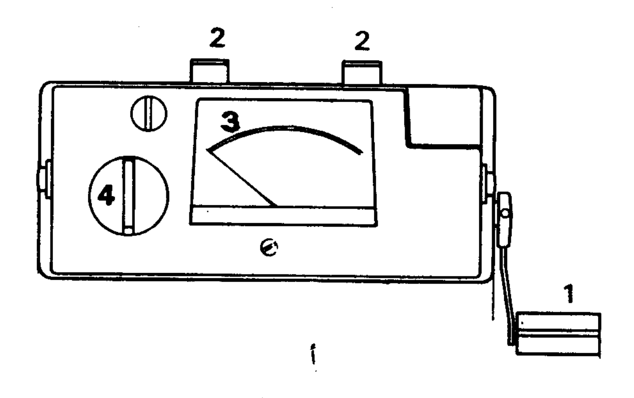


الشكل (٩ – ٢)

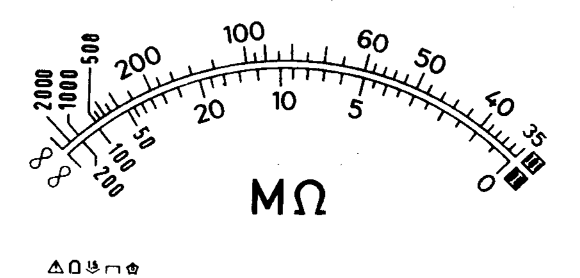
٩ / ٤ / ٣ – قياسات العزل

عادة فإن مقاومات العزل لملفات المولد تنخفض بمرور الوقت نتيجة لتراكم الأتربة والقاذورات والزيوت والشحوم والرطوبة... إلخ وانخفاض عزل الملفات يؤدى إلى تلفها، وإنهيارها. وفى كثير من الأحيان فإن انخفاض عزل الملفات ينتج نتيجة لتجمع الرطوبة عند إيقاف المولد لمدة طويلة، ويمكن بسهولة التخلص من رطوبة الملفات بتجفيفها (ارجع للفقرة ٩–٢–٣). وعادة يستخدم جهاز الميجر فى فحص العزل وجهد جهاز الميجر المستخدم فى قياس مقاومات العزل، يكون عادة 500V عدا أن جهد الميجر المستخدم فى فحص عزل مولدات الجهد المتوسط (2400:4160V) قد يتعدى هذه القيمة. ويجب فصل جميع الأجهزة الالكترونية مثل منظمات الجهد AVR، والموحدات ومخمدات قفزات الجهد وريليهات الوقاية... إلخ أثناء اختبارات العزل حتى لا تتلف.

والشكل (٩ – ٣) يعرض المسقط الأفقى لميجر (الشكل أ) وتدريج القياس للميجر (الشكل ب).



أ



ب

الشكل (٩ – ٣)

حيث إن :

ذراع تشغيل الميجر	1
أطراف توصيل الميجر	2
تدريج القياس	3
مفتاح اختيار تدريج القياس II و I	4

أولا : اختبار مقاومة عزل العضو الثابت الر ئيسى :

ولاختبار عزل العضو الثابت الرئيسى للمولد يتم عمل قصر بين جميع أطراف ملفات المولد وتوصيلها مع نقطة النجما المعزولة عن الأرضى، ثم يتم توصيل الطرف الموجب للميجر بنقطة النجما، والطرف السالب بجسم المولد ثم تدار يد الميجر، وتسجل مقاومة عزل ملفات العضو الثابت، ويجب أن تكون مقاومة العزل Ri لا تقل عن

$$Ri = \frac{V}{1000} + 1\ (M\Omega) \longrightarrow 9.1$$

حيث إن :

مقاومة العزل	Ri	جهد الخط للمولد	V

فمثلا : إذا كان جهد الخط يساوى 380V ، فإن مقاومة العزل الصغرى تساوى :

$$Ri = \frac{380}{1000} + 1 = 1.38M\Omega$$

فإذا كانت مقاومة العزل أقل من 1.38MΩ فإن هذا يعنى أن الملفات تحتاج لتجفيف .

ثانيًا : اختبار مقاومة عزل العضو الدوار الرئيسى

لاختبار مقاومة عزل العضو الدوار الرئيسى، يجب فصل أطراف ملف العضو الدوار الرئيسى من الموحدات الدوارة، ثم يعمل قصر بين طرفى ملف العضو الدوار، ثم وصل الطرف الموجب للميجر بالنقطة المشتركة للعضو الدوار والقطب السالب يتم توصيله مع جسم المولد وتدار يد الميجر، فإذا كانت مقاومة العزل أكبر من 1.5MΩ فإن هذا يعنى سلامة العضو الدوار، أما إذا كانت مقاومة العزل أقل من 1.5MΩ ، فإن هذا يعنى أن ملفات العضو الدوار تحتاج لتجفيف أو إصلاح .

ثالثًا : اختبار مقاومة عزل العضو الثابت لمولد الإثارة

يتم فصل أطراف ملف العضو الثابت لمولد الإثارة من منظم الجهد - F و + F، ثم يقصر طرفى ملف العضو الثابت لمولد الإثارة معًا وتوصل مع الطرف الموجب للميجر ويوصل الطرف السالب للميجر مع جسم المولد فإذا كانت قراءة العزل أقل من 1.5MΩ ، فإن هذا يعنى أن الملفات تحتاج لتجفيف أو إصلاح .

رابعًا : اختبار مقاومة عزل العضو الدوار لمولد الإثارة

افصل الأطراف الستة للعضو الدوار لمولد الإثارة من الموحدات الدوارة، ثم أقصر

الأطراف الستة معًا، ووصلهم مع الطرف الموجب للميجر، ووصل الطرف السالب للميجر مع جسم المولد، فإذا كانت مقاومة العزل أقل من 1.5MΩ ، فإن هذا يعنى أن الملفات تحتاج لتجفيف أو إصلاح.

٩ / ٥ - اكتشاف أعطال حاكمات السرعة وإصلاحها

الجدول (٩ - ٤) يبين الأعطال المختلفة لحاكمات السرعة وأسبابها وطرق إصلاحها.

الجدول (٩ - ٤)

العطل	أسباب العطل المتوقعة	طرق إصلاح العطل
حاكم السرعة غير قادر على العمل تمامًا ويظل ذراع عنصر الفعل على أدنى وضع له حتى بعد وصول القدرة الكهربية للحاكم	- انخفاض جهد البطارية الواصل بدائرة قدرة منظم السرعة أو انعكاس أطراف البطارية.	- اختبر جهد البطارية الكهربية وتأكد من صحة الوصلات الكهربية.
	- تلف المقاومة المتغيرة المستخدمة فى اختيار السرعة المقننة.	- تأكد من عدم وجود قصر أو فتح بالمقاومة المتغيرة.
	- ضعف جهد الإشارة القادمة من مجس السرعة أو انعدامها.	- اختبر هذه الإشارة باستخدام آفوميتر له مقاومة داخلية أكبر من 500Ω/V واستبدل مجس السرعة إذا كان ملفه به قصر أو مفتوح.
	- تلف عنصر الفعل الكهرومغناطيسى.	- اختبر مقاومة ملف عنصر الفعل الكهرومغناطيسى واستبدله إذا كان به قصر أو مفتوح.
	- تلف منظم السرعة.	- استبدل منظم السرعة
	- مشكلة بالوصلة الميكانيكية بين عنصر الفعل ومضخة الحقن.	- شغل مضخة الحقن يدويًا للتأكد من عدم التصاق الوصلة الميكانيكية.

العطل	أسباب العطل المتوقعة	طرق إصلاح العطل
عنصر الفعل يصل إلى أقصى مشوار له بمجرد وصول التيار الكهربى له وذلك فى حالة عدم تشغيل الماكينة.	- مشكلة فى توصيل مجس السرعة. - مشكلة فى توصيل عنصر الفعل. - تلف منظم السرعة. - مشكلة فى عنصر الفعل الكهرومغناطيسى.	- تأكد من أن توصيل مجس السرعة يطابق مخطط التوصيل المعد من قبل الشركة المصنعة. - تحقق من توصيل عنصر الفعل. - استبدله. - اختبر مقاومة ملف عنصر الفعل واستبداله إذا كان به قصر أو فتح.
عدم إمكانية تغيير السرعة بواسطة المقاومة المتغيرة الموصلة بمنظم السرعة.	- فتح أو قصر بالمقاومة المتغيرة. - مشكلة فى توصيل المقاومة المتغيرة. - استخدام كابل غير مدرع Shield فى توصيل المقاومة المتغيرة.	- فحص المقاومة المتغيرة بالآفوميتر وتأكد من عدم وجود فتح أو قصر بها واستبدلها عند الضرورة. - تحقق من صحة التوصيل. - استخدم كابل مدرع.
خلل فى أداء حاكم السرعة.	- انقطاع مصدر القدرة. - انخفاض جهد البطارية عن 20% من الجهد المقنن. - يوجد تداخلات راديو لعدم التوصيل الجيد للكابلات.	- راجع فرق الجهد بين أطراف تغذية المنظم وتأكد من وجوده. - راجع قيمة جهد مصدر تغذية المنظم. - تأكد من أحكام الوصلات.
الماكينة لا تبدأ ويقوم عنصر الفعل بالوصول إلى أقصى مشوار	- عدم وجود وقود. - وجود هواء فى دورة الوقود.	- تأكد من أن خزان الوقود غير فارغ. - استنزف الهواء الموجود فى دورة الوقود.

العطل	أسباب العطل المتوقعة	طرق إصلاح العطل
له عند البدء.	- توصيل غير صحيح لدائرة الفصل الأتوماتيكي.	- راجع التوصيل.
انخفاض سرعة الماكينة.	- وجود مشكلة بالوصلة الميكانيكية بين عنصر الفعل ومضخة الحقن. - مشكلة بعنصر الفعل. - مشكلة بمنظم السرعة.	- شغل مضخة الحقن يدوياً للتأكد من عدم التصاق الوصلة الميكانيكية. - اختبره واستبدله عند اللزوم. - استبدله.

٩ / ٦ - اكتشاف وإصلاح أعطال جهاز التزامن الاتوماتيكي

الجدول (٩ - ٥) يبين أعطال التزامن بين المولدات وأسبابها وطرق إصلاحها.

الجدول (٩ - ٥)

العطل	أسباب العطل المتوقعة	طرق إصلاح العطل
جهاز التزامن غير قادر على تصحيح التردد.	- عدم توصيل إشارة جهد المولد أو قضيب التزامن مع جهاز التزامن. - اختلاف تردد المولد الداخل عن تردد قضيب التزامن بقيمة تتعدى ± 3HZ.	- تحقق من التوصيل. - عدل تردد المولد الداخل بواسطة المقاومة المتغيرة لمنظم السرعة.
عدم استقرار التردد.	- توصيل غير صحيح بين جهاز التزامن ومنظم السرعة. - عدم تأريض طبقة تدريع كابلات التوصيل بين جهاز التزامن ومنظم السرعة. - يوجد مشكلة بمنظم السرعة.	- تحقق من التوصيل. - تحقق من تأريض طبقة التدريع. - ارجع للجدول ٩-٤ .

العطل	أصباب العطل المتوقع	طرق إصلاح العطل
جهاز التزامن يعطى إشارة تزامن ولكن القاطع الرئيسى أو الكونتاكتور الرئيسى للمولد لا يغلق.	- توصيل غير صحيح لريش التزامن لجهاز التزامن.	- تحقق من توصيل ريش التزامن.
جهاز التزامن لا يعطى إشارة تزامن.	- عدم تساوى جهد المولد وجهد قضيب التزامن.	- صحح جهد المولد باستخدام المقاومة المتغيرة لمنظم جهد المولد.
يحدث تزامن عند اختلاف وجهى 180° مما يؤدى لفصل القاطع.	- انعكاس وصلات جهد المولد أو وصلات قضيب التزامن مع جهاز التزامن.	- تحقق من صحة التوصيل.
تردد المولد الداخل عالٍ أو منخفض.	- توصيل غير صحيح بين جهاز التزامن ومنظم السرعة. - إنعكاس وصلات قضيب التزامن ووصلات المولد مع جهاز التزامن.	- صحح التوصيل. - صحح التوصيل.
يحدث غلق للقاطع عند اختلاف وجهى أكبر بكثير من 0°.	- خلل فى ضبط نقطة معايرة اختلاف الوجه الموجودة بجهاز التزامن.	- تحقق من ضبط نقطة معايرة اختلاف الوجة Breaker closing angle

ولفحص جهاز التزامن يجب فك جهاز التزامن والتأكد من عدم وجود عناصر محترقة وعدم وجو د كسر لبعض العناصر أو بعض المسارات في الدائرة المطبوعة وعدم وجود نقاط لحام مفكوكة. وللاختبار السريع لجهاز التزامن يتم توصيل أطراف

BUS وأطراف GEN لجهاز التزامن مع مصدر جهد واحد والتأكد من غلق ريشة التزامن (التى تعمل علي تشغيل قاطع المولد الداخل) .

٩ / ٧ - اكتشاف وإصلاح أعطال مقسمات الأحمال

الجدول (٩ - ٦) يبين أعطال مقسمات الأحمال وأسبابها وطرق إصلاحها .

الجدول (٩ - ٦)

العطل	أسباب العطل المتوقعة	طرق إصلاح العطل
تدور الماكينة بسرعة منخفضة أو عالية ولا يمكن تغيير السرعة باستخدام المقاومة المتغيرة لمنظم السرعة .	- وجود فتح فى التوصيلات بين مقسم الاحمال ومنظم السرعة . - تلف المقاومة المتغيرة لمنظم السرعة .	- تحقق من التوصيل . - استبدل المقاومة المتغيرة لمنظم السرعة .
لايتم تقسيم الاحمال بالتساوى بين المولدات .	- ضبط غير جيد لكسب الجهد Voltage Gain لمقسم الاحمال كل مولد .	- يتم ضبط مقسم احمال كل مولد على حده وذلك بتحميل المولد بمفرده وضبط كسب الجهد .
- مقسم الاحمال لايقسم الاحمال بالتساوى فيوجد مولد يرفض أى حمل وآخر يحمل بكل الحمل .	- عدم ضبط Droop لمقسمات الاحمال أو ضبط غير متساو للـ Droop . - عدم توصيل خطوط التوازى بين مقسمات الأحمال أو تبديلها . - انعكاس أحد إشارات الجهد الخارجة من محولات الجهد أو انعكاس إشارات التيار الخارجة من محولات التيار .	- اضبط Droop لجميع مقسمات الاحمال عند نفس القيمة . - تحقق من الوصلات . - تحقق من الوصلات .
عدم استقرار توزيع الاحمال على المولدات .	- ضبط غير دقيق لنقطة معايرة الاستقرار Stability لمقسم الاحمال .	- اعد ضبط استقرار مقسم الاحمال .

وعادة تزود مقسمات الأحمال بنقط اختبار يمكن من خلالها معرفة انعكاس إشارات الجهد أو التيار وذلك من خلال قياس جهد هذه النقاط .

٩ / ٨ - الصيانة الوقائية لماكينات الديزل

سنتناول فى هذه الفقرة بنود الصيانة الوقائية التى يتم إجرائها على العناصر المختلفة فى ماكينات الديزل :

١ - **الزيت** : يجب فحص مستوى الزيت والماكينة متوقفة والتأكد من أن مستوى الزيت يقع بين المستوى الأدنى Low والمستوى الأعلى Max ويستبدل زيت الماكينة بعد الفترة الزمنية المحددة أو عدد ساعات التشغيل المحدده من قبل الشركة المصنعة.

٢ - **خزان الوقود** : يجب المحافظة على خزان الوقود فى حالة امتلاء مع فتح المخرج الموجود أسفل خزان الوقود كل 500 ساعة تشغيل؛ لتصريف الماء أو الرواسب.

٣ - **خطوط الوقود** : افحص بالنظر خطوط الوقود للتأكد من عدم وجود تسربات، والتأكد من عدم وجود وقود متجمع تحت خزان الوقود، أو تحت ماكينة الديزل.

٤ - **نظام التبريد** : افحص مستوى ماء التبريد يومياً وحافظ عليه قريباً من أعلى المشع (الراديتير)، وتحقق من عدم وجود تسربات فى نظام التبريد، كما يجب تفريغ دورة التبريد من الماء كل 1000 ساعة تشغيل، وتنظف دورة التبريد بماء طازج، ثم يعاد ملىء دورة التبريد بماء عذب مع إضافة مانع الصدأ. علماً بأن مانع الصدأ يزيد الفترة اللازمة لاستبدال ماء التبريد؛ لتصبح مرة فى فصل الربيع، ومرة فى الخريف فقط.

ويجب فحص جميع خراطيم نظام التبريد، مرة على الأقل كل 700 ساعة تشغيل؛ لمعرفة ما إذا كان هناك دلائل تلف للخراطيم، واستبدال التالف منها.

٥ - **الشاحن التوربينى** : يجب فحص محاور ارتكاز ومواسير سحب ومواسير عادم الشاحن التوربينى؛ للتأكد من عدم وجود تسربات، ثم يجب فحص خطوط دخول وخروج الزيت والتأكد من عدم وجود تسربات زيت، كما يجب مراقبة الشاحن التوربينى أثناء دوران ماكينة الديزل للتأكد من عدم وجود اهتزازات عنيفة فى الشاحن التوربينى أما فى حالة وجود اهتزازات عنيفة فى الشاحن، فيجب فك الشاحن التوربينى وإصلاحه.

٦ - **البطارية**: يجب فحص الكثافة النوعية لمحلول البطارية فى كل خلية من خلايا البطارية كل شهر باستخدام جهاز الهيدروميتر ليكون مساوياً 1.25 ويجب المحافظة على مستوى المحلول أعلى الألواح بحوالى 1cm وذلك بتزويد الخلايا المختلفة للبطارية بالماء المقطر.

٧ - **سيور نقل الحركة**: يجب التأكد من أن سيور نقل الحركة من عمود المرفق إلى مضخة الماء ومولد الشحن ليست مرتخية، وكذلك ليست مشدودة. فزيادة شد السيور يضر بكراسى المحور، وارتخاء السيور بجعلها تنزلق. ويجب تعديل درجة شد السيور بحيث إذا دفع السير بالإبهام من نقطة فى منتصف المسافة بين البطارتين، فإن السير ينخفض بمقدار (6:18mm).

٨ - **الفلاتر المختلفة**: يجب تغيير فلتر الزيت كل 500 ساعة.

والجدير بالذكر أن ضغط الزيت ينخفض عند اتساخ فلتر الزيت، ويكون ضغط الزيت الطبيعى مساوياً (70:75PSI)، وذلك فى الماكينات غير المزودة بشاحن توربينى، فى حين يساوى (50:70PSI) فى الماكينات المزودة بشاحن توربينى. وعند انخفاض ضغط الزيت عن هذه القيم يجب تغيير مرشح الزيت.

أما مرشح الوقود فيجب تغييره كل 300 ساعة تشغيل، فى حين أن مرشح الماء فى حالة وجوده يجب تغييره كل 500 ساعة تشغيل.

٩ - **مولد شحن البطارية**: يجب تنظيف حلقات انزلاق المولد بقطعة قماش ناعمة ولا يستخدم فى ذلك ورق الصنفرة. ويجب تغيير الفرش الكربونية فى حالة قصرها، وكذلك يجب تغيير حلقات الانزلاق عندما تصبح خشنة أو غير كاملة الاستدارة.

٩ / ٩ - أعطال ماكينات الديزل الرباعية الأشواط وأسبابها وطرق إصلاحها

الجدول (٩ - ٧) يبين أعطال ماكينات الديزل الرباعية الأشواط وأسبابها وطرق إصلاحها.

الجدول (٩ - ٧)

العطل	الأسباب المحتملة للعطل	طريقة إصلاح العطل
عدم دوران ماكينة الديزل عند بدء التشغيل	- خزان الوقود فارغ. - مضخة الوقود لاتغذى بالوقود لوجود هواء بمضخة الحقن. - وجود انسداد فى ماسورة الوقود أو مرشح الوقود. - ضغط الوقود الخارج من الرشاشات منخفض. - مشكلة بمضخة الحقن. - شمعات التسخين لاتعمل. - تلف ترس البنيون المثبت على محرك بدء الحركة الكهربى. - بطارية فارغة أو في حالة سيئة. - تلف ريلاى محرك بدء الحركة. - تآكل كراسى محور محرك البدء. - تلف محرك البدء.	- يعاد ملىء خزان الوقود والتخلص من الهواء الموجود فى دورة الحقن. - التخلص من الهواء الموجود فى مجموعة الحقن. - نظف الماسورة المسدودة واستبدل مرشح الوقود بآخر جديد. - تستبدل الرشاشات أو يتم إصلاحها. - إصلاح مضخة الحقن. - استبدل الشمعات التالفة. - استبدل ترس البنيون. - إعادة الشحن أو استبدالها إذا لزم الأمر. - يحتاج لإصلاح أو استبدال. - استبدال كراسى المحور التالفة. - إعادة لفه أو استبداله.
انخفاض أداء ماكينة الديزل	- ضبط خاطئ لكمية الوقود المحقون من مضخة الحقن. - وجود هواء فى دورة الوقود. - انسداد مرشح الهواء. - انسداد منافث الرشاشات.	- إعادة ضبط مضخة الحقن. - التخلص من الهواء الموجود فى دورة الوقود. - ينظف مرشح الهواء ويغير عنصر الترشيح إذا لزم الأمر. - تنظيف منافث الرشاشات.
وجود دخان أسود كثيف فى العادم.	- هواء غير كافٍ. - يوجد ضغط خلفى فى خط العادم. - ضغط الرشاشات منخفض أو تبقى إبرة الرشاش عالقة.	- نظف مرشح الهواء. - تنظيف خط العادم وتسليكه. - إعادة ضبط ضغط الرشاشات.

طريقة إصلاح العطل	الأسباب المتوقعة للعطل	العطل
– إعادة ضبط مضخة الحقن. – نظف الرشاشات.	– توقيت غير جيد لمضخة الحقن. – فتحات الرشاشات مسدودة بوقود متفحم.	عدم انتظام دوران الماكينة.
– يستبدل مرشح الوقود. – نظف المضخة أو استبدالها. – تخلص من الهواء الموجود فى دورة الوقود. – يعاد ربط الوصلات المختلفة وتغيير المواسير التالفة – إصلاح المضخة.	– انسداد مرشح الوقود. – لاتعمل مضخة التغذية بشكل صحيح. – وجود هواء فى دورة الوقود. – مواسير الضغط العالى بها تسريب أو مكسورة. – مشكلة بمضخة الحقن.	

٩ / ٩ / ١- استنزاف الهواء الموجود فى دورة الوقود

فى حالة دخول بعض الهواء إلى مضخة الحقن المتتالية، فإنه يتم انضغاطه عند تحرك مكابس المضخة إلى أعلى، وبذلك يتوقف حقن الوقود، لذلك يجب التخلص من الهواء الموجود فى مجموعة الحقن، وذلك فى الحالات التالية:

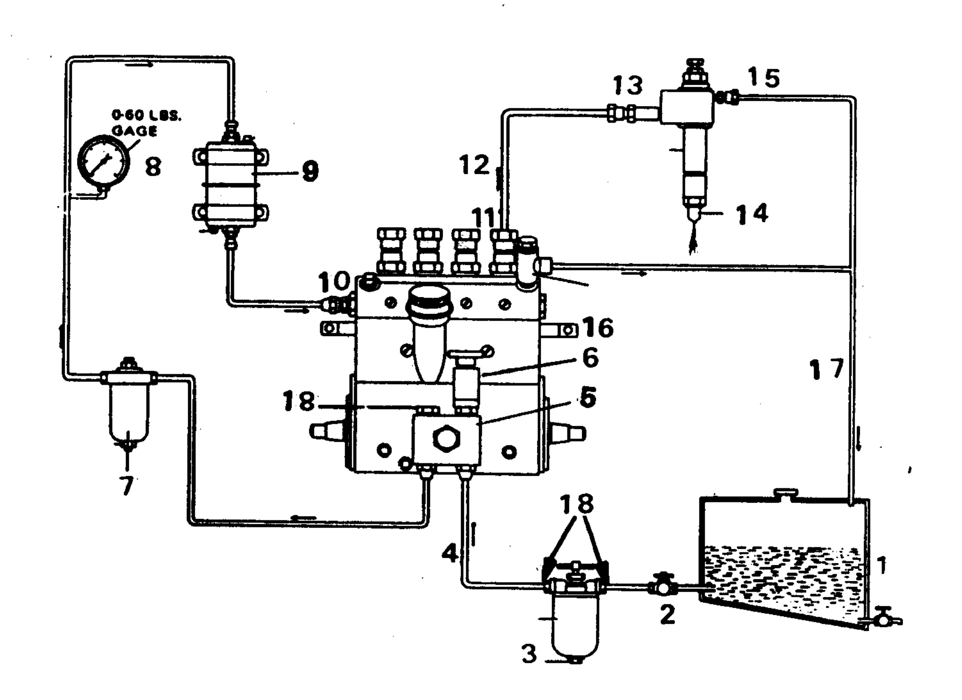
١ – عند تشغيل مضخة الحقن لأول مرة.

٢ – عند فك مضخة الحقن لإجراء صيانة بها أو فى أى خط من خطوط تغذية المضخة أو أى خط من خطوط الضغط العالى المتصلة بالرشاشات.

٣ – عند خلو خزان الوقود تماماً من الوقود.

٤ – عند وجود رباط غير جيد فى أحد لواكير دورة الوقود.

والشكل (٩ – ٤) يعرض أجزاء دورة الوقود لمحرك ديزل بأربع اسطوانات.



الشكل (٩ - ٤)

حيث إن :

خزان الوقود	1	لاكور دخول الوقود لمضخة الحقن	10
محبس يدوى	2	لاكور خروج الوقود للرشاش	11
مرشح ابتدائى للوقود	3	خط الضغط العالى	12
خط السحب بمضخة الحقن	4	لاكور دخل الرشاش	13
مضخة إمداد الوقود	5	نفث الرشاش	14
مضخة التحضير اليدوية	6	لاكور خرج الرشاش	15
مرشح ثانوى للوقود	7	صمام الفائض من الوقود	16
عداد قياس ضغط الوقود	8	خط عودة الوقود الفائض للخزان	17
مرشح المرحلة الأخيرة للوقود	9	لواكير وقود	18

وفيما يلى الخطوات المتبعة للتخلص من الهواء الموجود فى دورة الحقن :

١ – يفك رباط لاكور خرج المرشح الثانوى 7، ويتم تشغيل مضخة التحضير اليدوية (6) حتى يصبح الوقود الخارج من فتحة الاستنزاف خالٍ من الفقاعات الهوائية. ثم بعد ذلك يعاد ربط لاكور خرج المرشح الثانوى 7 بإحكام.

٢ – يفك رباط لاكور دخول الوقود لمضخة الحقن 10، ويكرر ماتم فى الخطوة 1 .

٣ – يفك رباط لاكور خروج الوقود للرشاش الأخير 11، مع إدارة الماكينة بواسطة محرك البدء للتخلص من الهواء المتبقى فى دورة الوقود، حتى يصبح الوقود الخارج من اللاكور 11 خاليًا من الفقاعات، ثم يعاد ربط اللاكور 11 .

الباب العاشر

الحسابات اللازمة لاختيار المولد

الحسابات اللازمة لاختيار المولد

١٠ / ١ - مقدمة

تحسب قدرة المولد اللازم تبعاً لمجموع الأحمال الكهربية الحالية بالإضافة إلى النمو المستقبلى فى الأحمال والذى يأخذ عادة ما بين (15:20%). وفيما يلى العلاقة بين القدرة الفعالة والقدرة الظاهرية للمولد.

$$P_G = 0.8 S_G \rightarrow 10.1$$

حيث إن:

القدرة الظاهرية للمولد بوحدة KVA	S_G
القدرة الفعالة للمولد بوحدة KW	P_G

وهناك اختياران لتردد المولد وهما 60HZ أو 50HZ.

أما جهد المولد فيمكن ان يكون منخفضاً ويتراوح ما بين 660V :110ويمكن الحصول على الجهد المطلوب، عن طريق اختيار طريقة توصيل ملفات المولد الرئيسى (ارجع للفقرة ١-٥) . وهناك جهد متوسط ويتراوح ما بين (2400: 6600V). وتتواجد المولدات بستة أقسام للعزل تبعاً لدرجة الحرارة القصوى التى يتحملها المولد وعادة فإن عمر العزل المتوقع عند التشغيل المستمر للمولد يساوى 100 000 ساعة تشغيل.

والجدول (١٠ - ١) يعطى درجات الحرارة القصوى لأنواع مختلفة من العزل.

الجدول (١٠ - ١)

قسم العزل	A	E	B	F	H
درجة الحرارة القصوى (C°)	60	75	80	105	125

١٠ / ٢ – العوامل المؤثرة على مقنن المولد

١ – درجة الحرارة المحيطة:

إن درجة الحرارة المقبولة عملياً هى 40°C، وعند زيادة درجة الحرارة عن هذه القيمة، فإن حمل المولد يجب تقليله بنسب تختلف تبعاً لمقدار الزيادة فى درجة الحرارة المحيطة، والجدول (١٠ – ٢) يعطى قيم معامل تخفيض الأحمال عند درجات حرارة مختلفة.

الجدول (١٠ – ٢)

درجة الحرارة C°	40	45	50	55	60
معامل التخفيض F1	1	0.97	0.94	0.91	0.88

٢ – الارتفاع عن سطح البحر:

كلما ازداد ارتفاع مكان المولد عن سطح البحر، فإن كثافة الهواء الجوى ستصبح غير كافية لتبريد المولد، لذلك فإن أحمال المولد يجب تقليلها كلما ارتفعنا عن سطح البحر. والجدول (١٠ – ٢) يعطى معامل تخفيض أحمال المولد تبعاً لارتفاع مستوى المولد عن سطح البحر.

الجدول (١٠ – ٣)

الارتفاع عن سطح البحر (m)	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2600	2800	3000
معامل التخفيض F2	1	0.988	0.976	0.964	0.952	0.94	0.928	0.916	0.904	0.892	0.88

٣ – معامل القدرة:

إن المولدات التزامنية مصممة للعمل عند معامل قدرة 0.8، وقد يتغير معامل

القدرة نتيجة لطبيعة الأحمال. فأحمال الإضاءة والتسخين ودوائر التوحيد يكون لها معامل قدرة قريب من 1، أما أحمال المحركات فإن لها معامل قدرة، تختلف باختلاف قدرة المحرك وحجمه، وعادة فإن المولدات يمكن أن تعمل عند قدراتها المقننة، إذا كان معامل قدرة؛ الحمل يتراوح ما بين (0.8:1) متأخر، أما إذا إختلف معامل القدرة عن هذه القيمة، فإنه يجب إستخدام معامل تخفيض معامل القدرة للتقليل من قدرة أحمال المولد.

والجدول (١٠ – ٤) يعطى معامل تخفيض معامل القدرة لقيم مختلفة من معاملات القدرة.

الجدول (١٠ – ٤)

معامل القدرة	1	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1
معامل التخفيض F3	1	1	1	0.95	0.91	0.89	0.87	0.86	0.85	0.84

١٠ / ٣ – اختيار مقنن المولد تبعاً للأحمال

يوجد عاملان يؤثران على اختيار مقنن المولد تبعاً للأحمال وهما :

١ – الأحمال المستقرة.

٢ – الأحمال التى لها خواص عابرة.

١٠ / ٣ / ١ – الأحمال المستقرة

أولاً : الأحمال الثلاثية الوجه المتزنة

عادة يتم جمع قدرات الأحمال الثلاثية الأوجة والمستقرة معاً، للحصول على القدرة الكلية لهذه الأحمال؛ وفيما يلى بعض المعادلات التى تستخدم فى هذا الغرض.

$$GP = \sum_{i=1}^{n} Pi \quad (KW) \rightarrow 10.2$$

$$P = \frac{\sqrt{3}\, VI}{1000} \quad \text{Cos}\, \phi \; (KW) \rightarrow 10.3$$

حيث إن:

قدرة المولد	GP	تيار الخط	I
قدرة الحمل (i)	Pi	معامل القدرة	Cos ϕ
جهد الخط	V		

ثانيًا: الأحمال الثلاثية الوجه غير المتزنة

عادة فإن الأحمال الأحادية الوجه عند توزيعها على الأوجه الثلاثة للمولد قد ينشأ عنها حمل ثلاثى الأوجه غير متزن، بمعنى أن بعض الأوجه تكون محملة عن الأوجه الأخرى؛ لذلك يجب تحرى الدقة فى توزيع الأحمال الأحادية الوجه على الأوجه الثلاثة للمولد.

١٠ / ٣ / ٢ - الأحمال التى لها خواص عابرة

إن أهم الأحمال التى لها خواص عابرة هى المحركات الكهربية الحثية؛ حيث يرتفع تيار بدء هذه المحركات لقيم تصل إلى ست مرات من التيار المقنن لها. ونتيجة لذلك ينخفض جهد أطراف المولد التزامنى بمعدل يصل إلى ٪40 من الجهد المقنن، الأمر الذى يؤثر على باقى الأحمال، مثل: أحمال الإضاءة فقد تنخفض شدة الإضاءة أو تنطفئ، وكذلك قد تتوقف باقى المحركات لأن جهد أطرافها أصبح غير كافٍ، وكذلك يمكن أن تفصل الكونتاكتورات الموجودة فى دوائر التحكم للعمليات الصناعية؛ لأن جهد ملفاتها انخفض بمعدل يفقد الكونتاكتور قوة الإبقاء الذاتى. وكذلك فإن ريليهات انخفاض الجهد قد تعمل، وعادة فإن الانخفاض فى الجهد المسموح به لحظة بدء المحركات الحثية على أطراف المولدات يجب ألا يزيد عن ٪30.

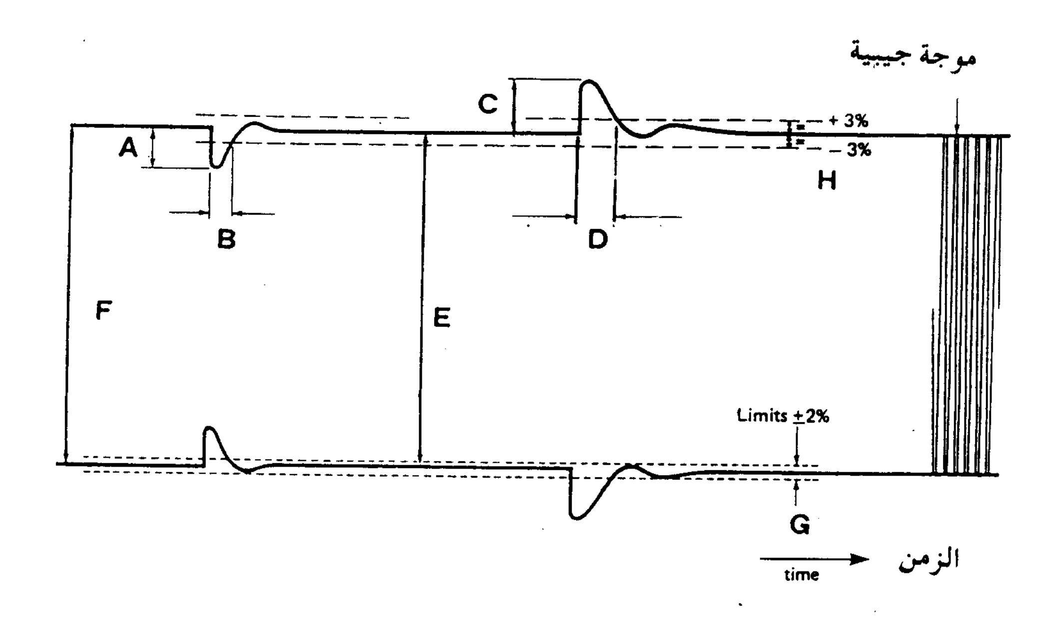
والجدير بالذكر أن منظمات الجهد AVR's الحديثة تساعد على عدم تجاوز زمن الانخفاض فى الجهد للمولد عن (0.1S)؛ حيث تعمل على رفع تيار مجال المولد فى

هذه اللحظات لقيم تصل إلى ثلاث مرات من التيار المقنن لمجال المولد التزامنى ويسمى هذا النوع فى التحكم فى الجهد بالمجال القصرى Field forcing، الأمر الذى يتيح إعادة الجهد على أطراف المولد إلى القيمة المقننة بأسرع ما يمكن. وهناك عدة طرق للحد من انخفاض الجهد على أطراف المولدات التزامنية على سبيل المثال تتابع بدء المحركات الاستنتاجية، وعدم بدئها فى لحظة واحدة، وبهذه الطريقة يمكن استخدام مولد له مقنن منخفض. وكذلك بدء المحركات الاستنتاجية ذات القدرات العالية إما نجما / دلتا (Y /Δ) أو بمحول ذاتى له نسبة تخفيض فى الجهد تساوى 80٪ من الجهد المقنن أو 65٪ من الجهد المقنن. وبخصوص الأحمال التى لها عزم قصور ذاتى كبير فإنه يجب التأكد من صحة الحسابات قبل أخذ القرار بتقليل حجم المولد المطلوب.

والشكل (١٠ – ١) يوضح شكل موجات المولد التزامنى عند بدء المحركات الاستنتاجية، وكذلك عند خروج بعض أحمال المولد.

حيث إن:

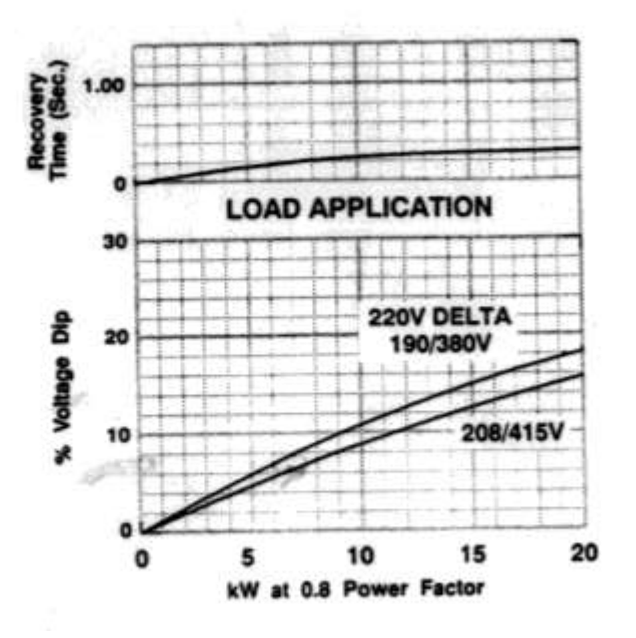
الانخفاض العابر للجهد عند بدء بعض الأحمال العابرة	A
زمن عودة الجهد للقيمة المقننة بعد زيادة الأحمال بتفاوت ٪3±	B
الارتفاع العابر للجهد عند خروج بعض الأحمال	C
زمن عودة الجهد للقيمة المقننة بعد خروج الأحمال بتفاوت ٪3±	D
قيمة الجهد عند الاستقرار بحمل من القمة العلوية للسفلية	E
قيمة الجهد عند الاستقرار بدون حمل من القمة العلوية للقمة السفلية	F
حدود تنظيم الجهد عند الاستقرار ٪ 2±	G
قيمة الجهد بعد انتهاء زمن العبور B أو D	H



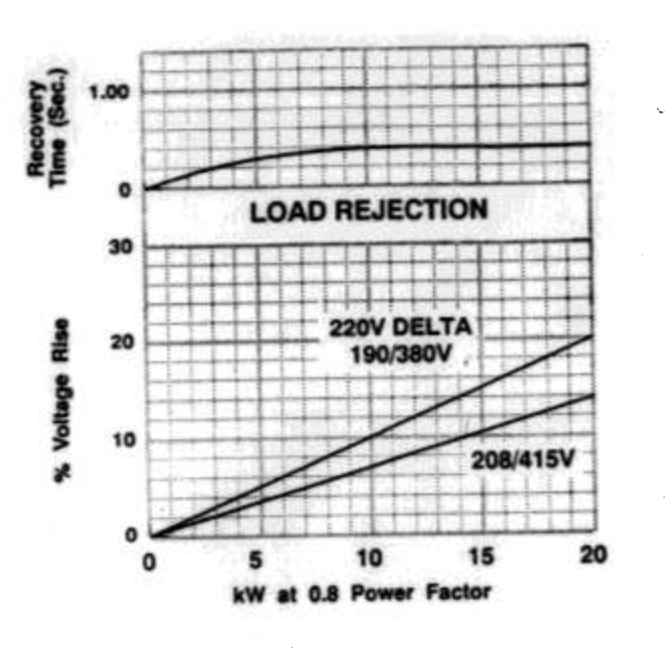
الشكل (١٠ – ١)

علمًا بأن كلاً من الانخفاض العابر للجهد (Vd) والارتفاع العابر للجهد Vr يعطى كنسبة مئوية من الجهد المقنن.

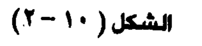
والشكل (١٠ – ٢) يعرض منحنى انخفاض الجهد مع الزمن ٪ Voltage dip، وزمن العودة (Recovery time (sec) (الشكل أ)، وكذلك منحنى زيادة الجهد مع الزمن ٪Voltage rise، وزمن العودة (Recovery time (sec) (الشكل ب) لمولد قدرته 22.5KVA لأحمال معامل قدرتها 0.8 وتساوى (0:20KW)، وهذا المولد من صناعة شركة Marathon electric .


Recovery Time (Sec.)
1.00
0
LOAD APPLICATION
30
20
10
0
% Voltage Dip
220V DELTA
190/380V
208/415V
0
5
10
15
20
kW at 0.8 Power Factor

أ


Recovery Time (Sec.)
1.00
0
LOAD REJECTION
30
20
10
0
% Voltage Rise
220V DELTA
190/380V
208/415V
0
5
10
15
20
kW at 0.8 Power Factor

ب



الشكل (١٠-٢)

١٠ / ٤ - الأحمال الكهربية

أولاً : أحمال الإضاءة :

إن القدرة الكهربية المستهلكة فى وحدات إضاءة ذات المصابيح الفلوزسنت أثناء تشغيلها تساوى مجموع قدرة المصابيح الكهربية ووحدات الكبح .

والجدول (١٠ - ٥) يعطى القدرة الكلية لوحدات إضاءة مزودة بأنواع مختلفة من المصابيح .

الجدول (١٠ - ٥)

القدرة الكلية لوحدة الإضاءة (w)	قدرة المصباح w	نوع المصباح	القدرة الكلية لوحدة الإضاءة (W)	قدرة المصباح W	نوع المصباح
57	50	زئبق (HPMV) لها معامل قدرة (0.95)	20	15	فلورسنت بتسخين مسبق Preheat
88	80		25	20	
118	100		40	30	
139	125		51	40	
200	175		32	15	فلورسنت ببدء Trigger start
285	250		34	20	
454	400		55	2X20	
795	700		46	30	فلورسنت ببدء سريع Rapid start لها معامل قدره (0.95)
1075	1000		51	40	
			88	2X40	
62	1X50	صوديم ضغط على (HPS) لها معامل قدرة (0.95)	49	1X40	فلورسنت تبدأ بمفتاح Switch start لها معامل قدره (0.95)
86	1X70		98	2X40	
130	1X100		76	1X65	
188	1X150		152	2X65	
300	1X250		215	1X175	هاليد معدنى Metal Halide لها معامل قدرة (0.95)
465	1X400		295	1X250	
1100	1X1000		455	1X400	
			1070	1X1000	

ثانيًا : المحركات الاستنتاجية :

الجدول (١٠ – ٦) يعطى معامل قدرة البدء $COS\ \phi s$ والكفاءة μ ومعامل القدرة عن الدوران $COS\phi$ لقدرات مختلفة لمحركات استنتاجية ثلاثية الوجه

الجدول (١٠ – ٦)

40	30	25	20	15	10	7.5	5	3	2	القدرة PM (HP)
0.39	0.42	0.44	0.46	0.49	0.53	0.56	0.61	0.66	0.07	$COS\phi s$
0.889	0.884	0.88	0.87	0.86	0.85	0.85	0.83	0.825	0.79	η
0.90	0.89	0.89	0.89	0.88	0.87	0.87	0.85	0.82	0.79	$COS\phi$
350	300	250	200	150	125	100	75	60	50	القدرة Pm (HP)
0.19	0.22	0.24	0.25	0.28	0.29	0.31	0.34	0.36	0.36	$COS\phi s$
0.93	0.923	0.92	0.917	0.91	0.909	0.905	0.90	0.896	0.896	η
0.92	0.92	0.91	0.91	0.91	0.91	0.9	0.9	0.9	0.9	$COS\phi$

والعلاقات التالية تستخدم مع المحركات الثلاثية الوجه :

$$P = \frac{P_M \times 0.746}{\eta} \quad (KW) \longrightarrow 10.4$$

$$S = \frac{P_M}{COS\phi} \quad (KVA) \longrightarrow 10.5$$

البدء المباشر :

$$S_S = 7.1\ P_M \quad (KVA) \longrightarrow 10.6$$

البدء نجما دلتا :

$$S_S = 2.343\ P_M \quad (KVA) \longrightarrow 10.7$$

البدء بمحول بدء له نقطة تفرع عند %80 من الجهد المقنن:

$$Ss = 4.544\ P_M \quad (KVA) \longrightarrow 10.8$$

البدء بمحول بدء له نقطة تفرع عند %65 من الجهد المقنن:

$$Ss = 2.982\ P_M \quad (KVA) \longrightarrow 10.9$$

البدء بمحول بدء له نقطة تفرع عند %50 من الجهد المقنن:

$$Ss = 1.775\ P_M \quad (KVA) \longrightarrow 10.10$$

حيث إن:

القدرة الكهربية الفعالة للمحرك عند الدوران	P
القدرة الظاهرية عند الدوران	S
القدرة الظاهرية	Ss
القدرة الميكانيكية بالحصان الميكانيكى (HP)	P_M
معامل القدرة عند الدوران	$COS\phi$
معامل القدرة عند البدء	$COS\phi S$

١٠ / ٥ - تطبيق على اختيار المولد تبعًا للأحمال

المطلوب اختيار قدرة المولد اللازم للأحمال الآتية:

الحمل الأول: 72 وحدة إضاءة فلورسنت تحتوى كل وحدة على مصباحين 2x40W من النوع السريع البدء وتعمل هذه الوحدات عند جهد 220V.

الحمل الثانى: 7 سخانات تعمل كلٌّ منها عند جهد 220V وتيارها المقنن 20A.

الحمل الثالث: 4 محركات أحادية الوجه قدرة المحرك 5HP، وتبدأ معًا فى لحظة واحدة، وتوصل مباشرة على الخط عند جهد 220V، وكفاءة كلٌّ منهم 0.78، ومعامل قدرة كلٌّ منهم أثناء الدوران 0.8.

الحمل الرابع: 5 ماكينات لحام أحادية الوجه تعمل عند جهد220V تيار الماكينة

الواحدة 19A ، ومعامل القدرة 0.4 متأخر.

الحمل الخامس: ثلاثة محركات استنتاجية ثلاثية الوجه تعمل عند جهد 380V، وتبدأ مباشرة بطريقة تتابعية، وقدرة المحرك 3HP.

الحمل السادس: محرك استنتاجي ثلاثي الوجه قدرته 80HP يبدأ بمحول ذاتي له نقطة تفرع عند 80% من الجهد المقنن الذى يساوى 380V.

الحمل السابع: محرك استنتاجي ثلاثي الوجه قدرته **80KW يبدأ نجما دلتا** عند جهد 380V.

علماً بأن درجة الحرارة المحيطة 45C°، وارتفاع مستوى تثبيت المولد عن سطح البحر يساوى 1600m. كما أن الأحمال تبدأ بطريقة تتابعية.

الإجابة

الحمل الأول:

التشغيل المستقر	التشغيل العابر
من الجدول (١٠ – ٥) فإن القدرة الكلية لوحدة الإضاءة هو 88W. وتقسم هذه الوحدات علي الأوجه الثلاثة للمصدر فيكون عدد الوحدات الموزعة علي الوجه الواحد ($\frac{73}{3}$) أى 24 ويكون قدرة أحمال الوجه $P_1 = \frac{88x\ 24}{1000} = 2.112KW$ $S_1 = \frac{2.112}{0.95} = 2.22KVA$	لا يوجد تشغيل عابر

الحمل الثانى :

التشغيل المستقر	التشغيل العابر
تقسم السخانات السبعة على الأوجه الثلاثة فيكون نصيب الوجه 2 سخان عدا وجه يكون نصيبه 3 سخان وتكون القدرة القصوى للوجه $S_2 = P_2 = \frac{3x\ 220x\ 20}{1000} = 13.2KW$	لا يوجد تشغيل عابر

الحمل الثالث :

التشغيل المستقر	التشغيل العابر
تقسم المحركات على الأوجه الثلاثة فيكون نصيب الوجه مساوياً محرك واحد عدا وجه يحمل بمحركين وتكون القدرة القصوى للوجه $S_3 = \frac{2x\ 5x\ 0.746}{0.78} = 9.6KW$ $S_3 = \frac{9.6}{0.8} = 12.0KVA$	بأخذ معامل البدء يساوى 7.1 وبالتالى فإن القدرة العابرة للحمل الثالث عند بدء محركين تساوى $Ss3 = 7.1x\ 5\ x\ 2$ $= 71KVA$

الحمل الرابع :

التشغيل المستقر	التشغيل العابر
تقسم ماكينات اللحام الخمسة على الأوجه الثلاثة فيكون نصيب الوجه ماكينة لحام عدا وجه يحمل بماكينتى لحام وتكون القدرة القصوى للوجه $S4 = \frac{2\ x\ 220x\ 19}{1000} = 8.36KVA$ $P4 = 8.36\ x\ 0.4 = 3.6KW$	لا يوجد تشغيل عابر لماكينات اللحام.

الحمل الخامس :

التشغيل المستقر	التشغيل العابر
من الجدول (١٠-٦) عند قدرة ميكانيكية 3HP فإن $\eta = 0.825, PF = 0.82$ وبالتالى فإن القدرة الكلية تساوى $P_5 = \frac{3x\, 3x\, 0.746}{0.825} = 8.1KW$ $S_5 = \frac{8.1}{0.82} = 9.87\ KVA$	حيث إن المحركات تبدأ مباشرة لذلك يمكن اعتبار معامل البدء 7.1 وبالتالي فإن القدرة العابرة تساوى $SS5 = 3 \times 7.1 = 21.3KVA$

الحمل السادس :

التشغيل المستقر	التشغيل العابر
من الجـــدول (١٠- ٦) يمكن تعـــيين الكفــاءة ومعامل القدرة للمحرك الذى قدرته 80HP $\eta = 0.905$ $PF = 0.91$ وبالتالى فإن : $P6 = \frac{80x\, 0.746}{0.905} = 65.9KW$ $S6 = \frac{P6}{COS\phi} = \frac{65.9}{0.91} = 72.4KVA$	حيث إن المحرك يبدأ حركته بمحول ذاتى له نقطة تفرع عند 80% من الجهد المقنن لذلك فإن : $SS6 = 4.544\ P_M$ $= 4.544x\ 80$ $= 363.52\ KVA$

الحمل السابع :

التشغيل المستقر	التشغيل العابر
قدرة المحرك بالحصان تساوى $P_M = \frac{100}{0.746} = 134HP$ ومن الجدول (١٠- ٦) فإن $\eta = 0.912$ $PF = 0.91$ وبالتالى فإن : $P7 = \frac{134x\, 0.746}{0.912} = 109.6KW$ $S7 = \frac{109.6}{0.91} = 120.4KVA$	حيث إن المحرك يبدأ نجما دلتا لذلك فإن : $SS7 = 2.343\ P_M$ $= 2.343 \times 134$ $= 313.9\ KVA$

وبالتالى فإن محصلة القدرات الفعالة والقدرات الظاهرية للأحمال الأحادية الوجه 1, 2, 3, 4 تساوى :

$$P_{1-4} = 3(2.112 + 13.2 + 9.6 + 3.6) = 90KW$$

$$S_{1-4} = 3(2.22 + 13.2 + 12.0 + 8.3) = 38KVA$$

ويكون محصلة القدرات الظاهرية عند البدء للأحمال الأحادية الوجه 1,2,3,4 مساوياً :

$$S_{1-4} = 3(0 + 0 + 7.1 + 0) = 21.3KVA$$

والجدول (١٠ – ٧) يعطى قيم القدرات الفعالة والظاهرية ومعامل القدرة عند التشغيل المستقر، وكذلك القدرة الظاهرية عند البدء للأحمال المختلفة.

الجدول (١٠ – ٧)

الحمل رقم	التشغيل المستقر			التشغيل العابر
	S (KVA)	P (KW)	$COS\phi = \frac{P}{S}$	Ss (KVA)
1- 4	114	90	0.789	21.3
5	0.87	8.1	0.82	21.3
6	72.4	65.9	0.91	363.52
7	109.6	100	0.91	313.9
الحمل الكلى	305.8	264	0.86	

والجدير بالذكر أن أسوأ حالة فى البدء عند دخول الحمل السادس على المولد بعد باقى الأحمال، وبالتالى تصبح القدرة الكلية عند البدء مساوية :

$$Ss = 114 + 9.87 + 363.52 + 109.6 = 596.99 \text{ KVA}$$

وبالتالى يجب اختبار مولد له قدرة ظاهرية تساوى :

$$S_G = \frac{S}{F_1 F_2 F_3} \text{ (KVA)} \longrightarrow 10.11$$

وحيث إن درجة حرارة الوسط المحيط تساوى 45°C فإن F_1 من الجدول (١٠– ٢) تساوى 0.97.

وحيث إن الارتفاع عن سطح البحر لمكان تثبيت المولد يساوى 1600m فإن F_2 من الجدول (١٠ – ٣) تساوى 0.964

وحيث إن معامل القدرة الإجمالى أكبر من 0.8؛ لذلك فإن معامل القدرة F_3 من الجدول (١٠ – ٤) يساوى 1

وبالتالى فإن:

$$S_G = \frac{305.8}{0.97 \times 0.964 \times 1} = 376\ KVA$$

لذلك يجب اختيار مولد له قدرة ظاهرية لا تقل عن 376KVA، وقادراً على إمداد الأحمال عند البدء بقدرة ظاهرية عابرة تصل إلى 596.99KVA بشرط ألا يزيد الانخفاض فى الجهد عند البدء 30% من الجهد المقنن والذى يساوى 380V وتردد المولد 50HZ.

١٠ / ٦ – تحسين معامل القدرة

إن معامل القدرة السيئ (الأصغر كثيراً من الواحد) يضر بمحطات التوليد حيث يضيع جزء كبير من قدرة المحطات هباءً. لذلك فإن شركات الكهرباء تفرض جزاءات شديدة على المصانع التى تعمل بمعامل قدرة سيىء. وعادة فإن المصانع تسحب قدرة فعالة متأخرة نتيجة لأحمال الإضاءة والمحركات الاستنتاجية. ولما كانت القدرة غير الفعالة المحصلة تساوى الفرق بين القدرة غير الفعالة المتأخرة والقدرة غير الفعالة المتقدمة للأحمال، لذا كان من الممكن تقليل القدرة غير الفعالة للمصانع بإضافة أحمال تسحب قدرة غير فعالة متقدمة؛ مثل: المكثفات، وأيضاً المحركات التزامنية عندما يكون تيار المجال لها زائداً.

والجدير بالذكر أن تحسين معامل القدرة يعود بالنفع على مولد الطوارئ الخاص بالأحمال، فيقلل من حجمه وكذلك يساعد على الاستفادة القصوى بقدرة المولد.

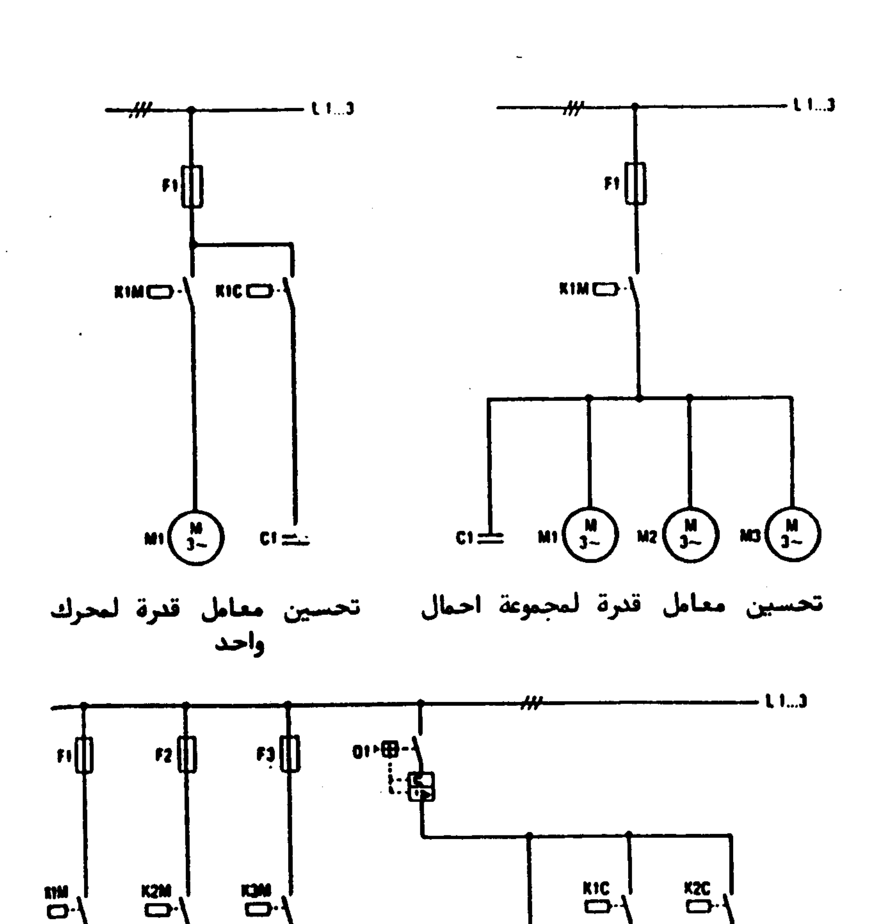
وهناك ثلاثة طرق لتحسين معامل القدرة فى المصانع وهم كما يلى:

١ – تحسين معامل القدرة لكل حمل بمفرده.

٢ – تحسين معامل القدرة لمجموعة أحمال.

٣ - تحسين معامل القدرة المركزى .

والشكل (١٠ - ٣) يبين مخططًا أحادى الخط لهذه الطرق المختلفة لتحسين معامل القدرة .



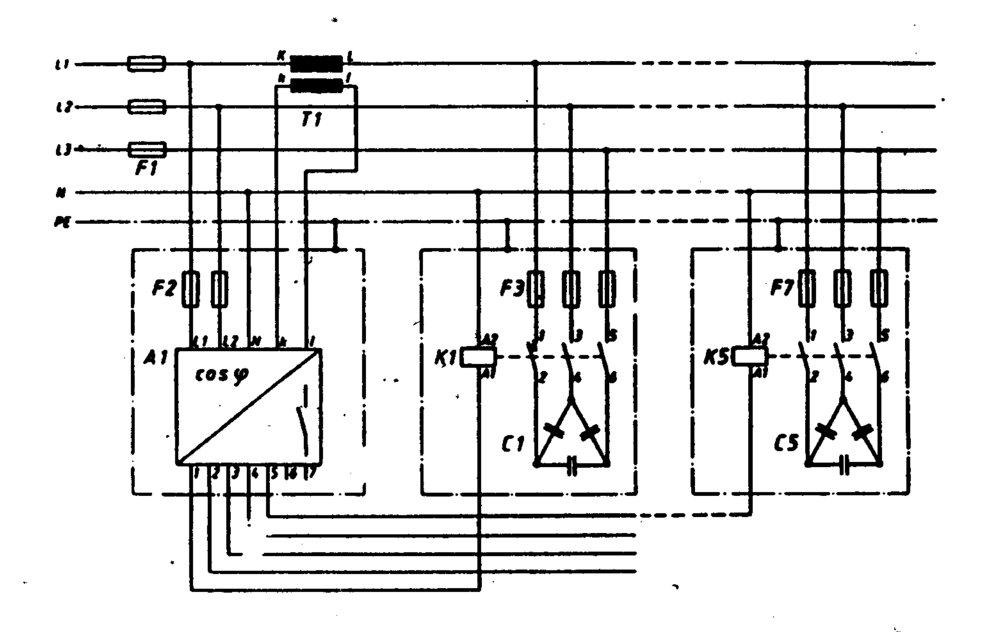
تحسين معامل قدرة لمجموعة احمال

تحسين معامل قدرة لمحرك واحد

تحسين معامل القدرة المركزى

الشكل (١٠ - ٣)

أما الشكل (١٠ - ٤) فيعرض الدائرة الكهربية لأحد وحدات تحسين معامل القدرة الأتوماتيكية. علماً بأن متمم معامل القدرة A_1 يحصل على إشارة جهد من الأطراف N، L_2، L_1، وإشارة تيار من خلال الأطراف K, L وعادة نحصل على إشارة التيار من محول تيار لكبر التيار. وكما هو واضح من هذا الشكل أن الطرف 1 لمتمم معامل القدرة A_1 موصل بملف الكونتاكتور K_1، وكذلك الطرف 2 موصل بملف الكونتاكتور K_2 وهكذا. علماً بأن عدد مجموعات المكثفات Capacitor Banks التي يدخلها ريلاى معامل القدرة A_1 بالتوازى مع الأحمال يعتمد على معامل القدرة المحصل للأحمال وكذلك القدرة اللحظية للأحمال.



الشكل (١٠ - ٤)

والجدول (١٠ - ٨) يعطى قدرة المكثفات غير الفعالة KVAR لكل KW من الحمل. فمثلا إذا كان معامل القدرة للحمل 0.57 متأخراً، فلتحسين معامل قدرة الحمل وصولا لمعامل قدرة 0.9 نحتاج لمكثفات قدرتها الفعالة 0.958KVAR لكل KW من الحمل. فإذا كان قدرة الأحمال 100KW نحتاج لمجموعات مكثفات قدرتها تساوى:

$$= 100 \times 0.958 = 95.8 \text{ KVAR}$$

الجدول (١٠ - ٨)

Desired Power Factor in Percentage

Original Power Factor in Percentage	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97
50	0.982	1.008	1.034	1.060	1.086	1.112	1.139	1.165	1.192	1.220	1.248	1.276	1.306	1.337	1.369	1.403	1.440	1.481
51	0.937	0.962	0.989	1.015	1.041	1.067	1.094	1.120	1.147	1.175	1.203	1.231	1.261	1.292	1.324	1.358	1.395	1.436
52	0.893	0.919	0.945	0.971	0.997	1.023	1.050	1.076	1.103	1.131	1.159	1.187	1.217	1.248	1.280	1.314	1.351	1.392
53	0.850	0.876	0.902	0.928	0.954	0.980	1.007	1.033	1.060	1.088	1.116	1.144	1.174	1.205	1.237	1.271	1.308	1.349
54	0.809	0.835	0.861	0.887	0.913	0.939	0.966	0.992	1.019	1.047	1.075	1.103	1.133	1.164	1.196	1.230	1.267	1.308
55	0.769	0.795	0.821	0.847	0.873	0.899	0.926	0.952	0.979	1.007	1.035	1.063	1.093	1.124	1.156	1.190	1.227	1.268
56	0.730	0.756	0.782	0.808	0.834	0.860	0.887	0.913	0.940	0.968	0.996	1.024	1.054	1.085	1.117	1.151	1.188	1.229
57	0.692	0.718	0.744	0.770	0.796	0.822	0.849	0.875	0.902	0.930	0.958	0.986	1.016	1.047	1.079	1.113	1.150	1.191
58	0.655	0.681	0.707	0.733	0.759	0.785	0.812	0.838	0.865	0.893	0.921	0.949	0.979	1.010	1.042	1.076	1.113	1.154
59	0.619	0.645	0.671	0.697	0.723	0.749	0.776	0.802	0.829	0.857	0.885	0.913	0.943	0.974	1.006	1.040	1.077	1.118
60	0.583	0.609	0.635	0.661	0.687	0.713	0.740	0.766	0.793	0.821	0.849	0.877	0.907	0.938	0.970	1.004	1.041	1.082
61	0.549	0.575	0.601	0.627	0.653	0.679	0.706	0.732	0.759	0.787	0.815	0.843	0.873	0.904	0.936	0.970	1.007	1.048
62	0.516	0.542	0.568	0.594	0.620	0.646	0.673	0.699	0.725	0.754	0.782	0.810	0.840	0.871	0.903	0.937	0.974	1.015
63	0.483	0.509	0.535	0.561	0.587	0.613	0.640	0.666	0.693	0.721	0.749	0.777	0.807	0.838	0.870	0.904	0.941	0.982
64	0.451	0.474	0.503	0.529	0.555	0.581	0.608	0.634	0.661	0.689	0.717	0.745	0.775	0.806	0.838	0.872	0.909	0.950
65	0.419	0.445	0.471	0.497	0.523	0.549	0.576	0.602	0.629	0.657	0.685	0.713	0.743	0.774	0.806	0.840	0.877	0.918
66	0.388	0.414	0.440	0.466	0.492	0.518	0.545	0.571	0.598	0.626	0.654	0.682	0.712	0.743	0.775	0.809	0.846	0.887
67	0.358	0.384	0.410	0.436	0.462	0.488	0.515	0.541	0.568	0.596	0.624	0.652	0.682	0.713	0.745	0.779	0.816	0.857
68	0.328	0.354	0.380	0.406	0.432	0.458	0.485	0.511	0.538	0.566	0.594	0.622	0.652	0.683	0.715	0.749	0.786	0.827
69	0.299	0.325	0.351	0.377	0.403	0.429	0.456	0.482	0.509	0.537	0.565	0.593	0.623	0.654	0.686	0.720	0.757	0.798
70	0.270	0.296	0.322	0.348	0.374	0.400	0.427	0.453	0.480	0.508	0.536	0.564	0.594	0.625	0.657	0.691	0.728	0.769

تابع الجدول (١٠ - ٨)

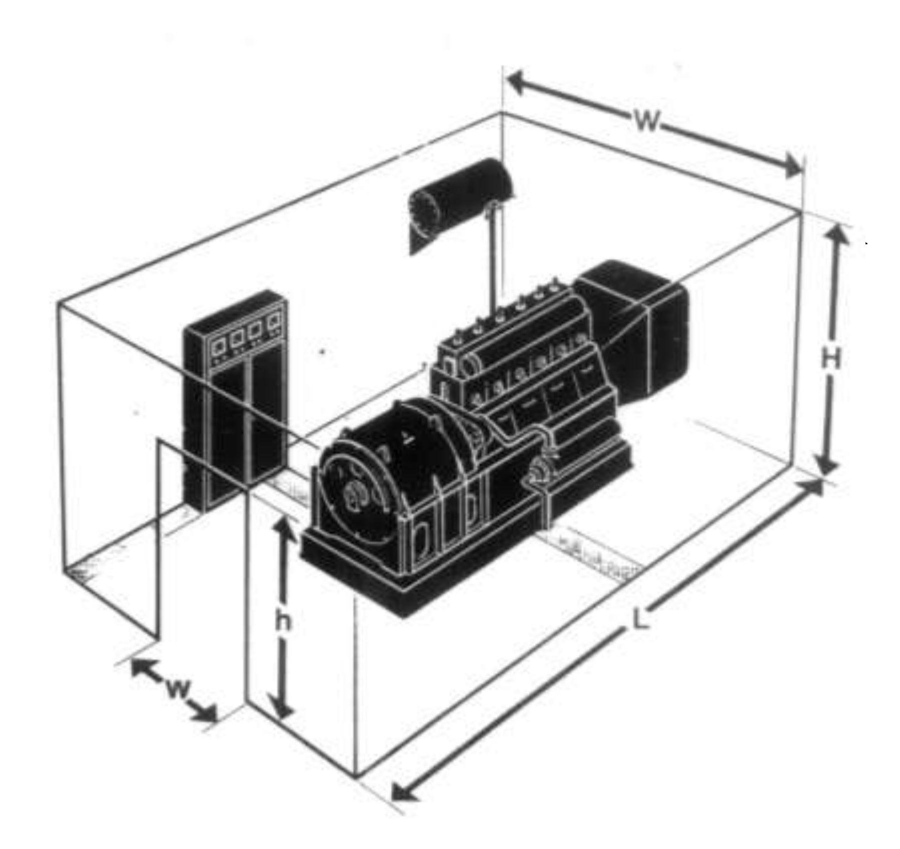
Original Power Factor in Percentage	Desired Power Factor in Percentage																	
	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97
71	0.242	0.268	0.294	0.320	0.346	0.372	0.399	0.425	0.452	0.480	0.508	0.536	0.566	0.597	0.629	0.663	0.700	0.741
72	0.214	0.240	0.266	0.292	0.318	0.344	0.371	0.397	0.424	0.452	0.480	0.508	0.538	0.569	0.601	0.635	0.672	0.713
73	0.186	0.212	0.238	0.264	0.290	0.316	0.343	0.369	0.396	0.424	0.452	0.480	0.510	0.541	0.573	0.607	0.644	0.685
74	0.159	0.185	0.211	0.237	0.263	0.289	0.316	0.342	0.369	0.397	0.425	0.453	0.483	0.514	0.546	0.580	0.617	0.658
75	0.132	0.158	0.184	0.210	0.236	0.262	0.289	0.315	0.342	0.370	0.398	0.426	0.456	0.487	0.519	0.553	0.590	0.631
76	0.105	0.131	0.157	0.183	0.209	0.235	0.262	0.288	0.315	0.343	0.371	0.399	0.429	0.460	0.492	0.526	0.563	0.604
77	0.079	0.105	0.131	0.157	0.183	0.209	0.236	0.262	0.289	0.317	0.345	0.373	0.403	0.434	0.466	0.500	0.537	0.578
78	0.052	0.078	0.104	0.130	0.156	0.182	0.209	0.235	0.262	0.290	0.318	0.346	0.376	0.407	0.439	0.473	0.510	0.551
79	0.026	0.052	0.078	0.104	0.130	0.156	0.183	0.209	0.236	0.264	0.292	0.320	0.350	0.381	0.413	0.447	0.484	0.525
80	0.000	0.026	0.052	0.078	0.104	0.130	0.157	0.183	0.210	0.238	0.266	0.294	0.324	0.355	0.387	0.421	0.458	0.499
81		0.000	0.026	0.052	0.078	0.104	0.131	0.157	0.184	0.212	0.240	0.268	0.298	0.329	0.361	0.395	0.432	0.473
82			0.000	0.026	0.052	0.078	0.105	0.131	0.158	0.186	0.214	0.242	0.272	0.303	0.335	0.369	0.406	0.447
83				0.000	0.026	0.052	0.079	0.105	0.132	0.160	0.188	0.216	0.246	0.277	0.309	0.343	0.380	0.421
84					0.000	0.026	0.053	0.079	0.106	0.134	0.162	0.190	0.220	0.251	0.283	0.317	0.354	0.395
85						0.000	0.027	0.053	0.080	0.108	0.136	0.164	0.194	0.225	0.257	0.291	0.328	0.369
86							0.000	0.026	0.053	0.081	0.109	0.137	0.167	0.198	0.230	0.264	0.301	0.342
87								0.000	0.027	0.055	0.083	0.111	0.141	0.172	0.204	0.238	0.275	0.316
88									0.000	0.028	0.056	0.084	0.114	0.145	0.177	0.211	0.248	0.289
89										0.000	0.028	0.056	0.086	0.117	0.149	0.183	0.220	0.261
90											0.000	0.028	0.058	0.089	0.121	0.155	0.192	0.233



ملحق ١

أبعاد غرف وحدات التوليد العاملة بالديزل

توجد علاقة بين الغرفة التى يوضع فيها وحدات التوليد العاملة بالديزل والقدرة الظاهرية لمولدها، والشكل التالى يعرض نموذجًا توضيحيًا لوضع وحدة توليد عاملة بالديزل فى غرفة وأبعاد الغرفة.



النموذج التوضيحي

والجدول التالى يعطى قيم الأبعاد المختلفة للغرفة لقدرات مختلفة للمولدات، تبعًا لتوصيات شركة Simens الألمانية.

قدرة المولد KVA / الأبعاد (m)	20:60	100:200	250:550	650:1500
L	5.0	6.0	7.0	10.0
W	4.0	4.5	5.0	5.0
H	3.0	3.5	4.0	4.0
W	1.2	1.5	2.2	2.2
h	2.0	2.0	2.0	2.0

Refrences

1- Gunter Gseip, Werner sturm ed, 1987.

Electrical Installation Hanbook. Geremany. siemens co.

2- Gordan S. Johnson ed, 1993.

On site power Generation refrence book. USA.

Electrical Generation system Association.

3- Newage Engineering LTD.

Operation & Maintenance Manual. AC Range.

Brushless AC Generator England. Acharterhouse group company.

4- Marathon Electric CO. ed 1993.

Magnamax DVR Generator Installation, Operation and maintenance. Manual Of AC Generator. USA.

5- Marathon Electric CO. ed 1991.

Magnanax Voltage regulator Technical Manual for models PM100 and PM200. USA.

6- Basler Electric CO.

Power Products catologue. USA. Highland.

7- SELCO.

Generator Catologue. Denmark / Great britinian.

8- Crompton CO.

Protection relay catalogue NO. SW 250/P. England.

9- Barber electric CO. Technical Manual for electronic Governer USA.

10- Murphy switch of california, Inc.

Basic operating and Installation Instructions for the ASM ISO Murphymatic.

11- CELISA CO. ed 1987.

Switch Board Measuring instrument cataloge. Spain.

12- MERLIN GERIN ed 1992.

LOW voltage circuit Breaker application Guide. France.

13- MERLIN GERIN ed 1995.

LOW Voltage distribution catalogue. France.

مراجع عربية

١ – السلسلة التكنولوجية :

هندسة الحرارات– دار المعارف القاهرة . .

٢ – السلسلة التكنولوجية :

هندسة السيارات– دار المعارف القاهرة . .